

**Estudio de La Morfología Funcional del Fitoplancton en la Ciénaga de Paredes (Santander
- Colombia) Durante un Pulso de Inundación**

Diana Marcela Sánchez Lobo

**Trabajo de Grado para optar al título de
Bióloga**

Director

María Isabel Criales Hernández

Bióloga



Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2017

Agradecimientos

Gracias a mi madre y a mi abuela por su apoyo durante toda mi vida y proceso de formación. A mi familia por ser un soporte en toda mi carrera. A todos mis amigos de infancia con los que aún cuento para hablar, reír y jugar. A mis amigas del colegio que siempre han sido ejemplo de excelencia y formación integral. A mis amigas de baloncesto por ser un apoyo dentro y fuera de la cancha. A mis amigos y compañeros de limnoalegría por todo lo que compartimos y conversamos en el día a día. A Anita, Mao y Kate por la compañía y soporte en toda la fase de campo. A la profesora María Isabel por guiarme y ayudarme en mi proceso académico. A los docentes de la escuela de biología por su enseñanza en todo el transcurso de la carrera. A Paola Mora que a pesar de la distancia siempre resolvió mis múltiples dudas durante todo el desarrollo del trabajo de investigación. A los evaluadores del trabajo por sus valiosas correcciones. A la Vicerrectoría de investigación por el financiamiento del proyecto 1575.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Marco Teórico.....	15
1.1 Generalidades del Fitoplancton.....	15
1.2 Morfología Funcional del Fitoplancton	16
1.3 estrategias Adaptativas del Fitoplancton	16
1.4 Ciénagas: Llanuras de Inundación	18
1.5 Estado del Arte.....	19
2. Objetivos	21
2.1 Objetivo general	21
2.2 Objetivos específicos	21
3. Materiales y Métodos.....	22
3.1 Área de Estudio.....	22
3.2 Fase de Campo	22
3.3 Fase de Laboratorio.....	24
3.4 Fase de Análisis	25
4. Resultados.....	28
4.1 Hidroclimatología, Variables Físicas y Químicas	28
4.1.1 Variables climáticas e hidrológica	28
4.1.2 Conductividad y pH	30
4.1.3 Oxiclina y termoclina.....	31
4.2 Nutrientes	33

4.3 Clorofila a	35
4.4 Análisis de Componentes Principales	35
4.5 Variables Biológicas	37
4.5.1 Estructura y composición del fitoplancton	37
4.6 Morfología Funcional del Fitoplancton	41
4.6.1 Rasgos morfológicos categóricos de la comunidad fitoplanctónica	41
4.6.2 Estrategias de vida del fitoplancton de la Ciénaga de Paredes	42
4.7 Biomasa de la Comunidad Fitoplanctónica	47
4.8 Relación Variables Fisicoquímicas y Morfología Funcional.....	48
5. Discusión de Resultados	50
6. Conclusiones	58
7. Recomendaciones	59
Referencias Bibliográficas	60
Apéndices.....	76

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Varianza de los cuatro primeros ejes del ACP para datos fisicoquímicos de la Ciénaga de Paredes.	36
Tabla 2. Lista de especies únicas presentes en cada mes de muestreo en la Ciénaga de Paredes.	39
Tabla 3. Lista rasgos funcionales con su respectivas morfoespecies del período de muestreo en la Ciénaga de Paredes.....	41

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Ubicación de la Ciénaga de Paredes, departamento de Santander, Colombia, y las estaciones de muestreo.	23
Figura 2. Valores medios mensuales de niveles y profundidad promedio de la Ciénaga de Paredes durante el 2013 – 2014.	28
Figura 3. Valores anuales de precipitación (2003 – 2015)	29
Figura 4. Perfil vertical de conductividad para la estación Caño Peruétano durante el período 2013 - 2014	30
Figura 5. Perfil vertical de pH para la estación Quebrada la Gómez durante el período 2013 – 2014.....	31
Figura 6. Perfiles verticales de temperatura (°C) en la columna de agua de las cinco estaciones de muestreo en la Ciénaga de Paredes (Santander) en los meses de septiembre 2013 y febrero 2014	32
Figura 7. Perfiles verticales de oxígeno (mg/L) en cinco estaciones de muestreo en la Ciénaga de Paredes (Santander) durante septiembre 2013 y febrero 2014	33
Figura 8. Análisis de componentes principales	37
Figura 9. Ordenación triangular de las características morfológicas de la comunidad del fitoplancton en la Ciénaga de Paredes (Santander).....	44
Figura 10. Ordenación morfológica de la comunidad de fitoplancton en la Ciénaga de Paredes (Santander) durante un pulso de inundación.	45
Figura 11. Ordenación triangular de las características morfológicas de la comunidad del fitoplancton en la Ciénaga de Paredes (Santander).....	46

Figura 12. Porcentaje de biomasa ($\text{mm}^3 \cdot \text{ml}^{-1}$) de las estrategias adaptativas del fitoplancton (C, S, R, CR y SR) durante el período 2013 – 2014 en la Ciénaga de Paredes.	47
Figura 13. Análisis de Correspondencia Canónico para las variables fisicoquímicas y las estrategias de vida del fitoplancton presentes en la Ciénaga de Paredes (Santander)	49

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice 1. Valores Totales Medios de Niveles (MM) y Profundidad (M).....	77
Apéndice 2. Valores de Variables Físicoquímicas y Nutrientes para las 5 Estaciones Durante el Periodo 2013 – 2014 en la Ciénaga de Paredes. Ts: Temperatura Superficial, Cond: Conductividad, OD: Oxígeno Disuelto, Prof: Profundidad, Trans: Transparencia Disco SECCHI, Norg: Nitrógeno Orgánico, NH ₄ : Amonio, DT: Dureza Total, Alc: Alcalinidad, NO ₃ : Nitratos, SiO ₂ : SILICE, Chla: Clorofila <i>a</i>	78
Apéndice 3. Perfiles de Conductividad, PH, Temperatura y Oxígeno Disuelto para las Cinco Estaciones Durante el Periodo 2013 – 2014 en La Ciénaga de paredes, Santander (Colombia)	79
Apéndice 4. Correlaciones de las Variables Físicas y Químicas para los Tres Primeros Componentes del Análisis de Componentes Principales	83
Apéndice 5. Composición de las Especies La Comunidad Fitoplanctónica de La Ciénaga de Paredes – Santander.	84
Apéndice 6. Algunas Especies que Componen la Comunidad Fitoplanctónica de la ciénaga de Paredes	86
Apéndice 7. Códigos para las Morfoespecies de la Comunidad Fitoplanctónica. Código CCA: Código para Análisis de Correlación Canónica, Código GOT: Código para Gráficos de Ordenación Triangular.	88

Resumen

Título: Estudio de la Morfología Funcional del Fitoplancton en la Ciénaga de Paredes (Santander - Colombia) durante un Pulso de Inundación*

Autor: Diana Marcela Sánchez Lobo**

Palabras clave: fitoplancton, morfología funcional, variables fisicoquímicas, ciénaga.

Descripción:

La ciénaga de Paredes es un humedal de importancia ecológica y de conservación, se encuentra ubicada en un relicto de bosque seco tropical y pertenece al valle medio de la cuenca del río Magdalena. El objetivo del presente trabajo fue describir la morfología funcional del fitoplancton durante el período 2013 – 2014 y su relación con las variables fisicoquímicas. Se analizaron 30 muestras de la columna de agua en cinco estaciones, en cada estación se tomaron datos de pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura y se recolectaron muestras superficiales para el análisis de nutrientes. Se hallaron valores de biomasa, volumen, área superficial y máxima dimensión lineal para establecer las estrategias adaptativas que presentó el fitoplancton. Se realizó categorización de las especies con los rasgos morfológicos (aerotoxos, heterocistos, mucilago, flagelo y sílice). El análisis de componentes principales evidenció que las variables que determinaron cambios en la columna de agua a lo largo del pulso de inundación fueron amonio, pH, transparencia, temperatura superficial, sílice y conductividad. Se encontraron 137 especies, que fueron agrupadas en cinco estrategias adaptativas, la estrategia C presentó el mayor número de especies. La estrategia R presentó la mayor biomasa. La estrategia S agrupó el menor número de especies y la menor biomasa. Se encontraron estrategias CR y SR durante todo el periodo de estudio. El rasgo morfológico más común fue la presencia de flagelo. El análisis de correlación canónica mostró que las variables que tienen papel importante en términos de variación fueron pH, transparencia, conductividad, profundidad y el amonio. La dominancia de la biomasa de las especies con estrategias R y la diversidad de las especies con estrategias C evidencian la disponibilidad de recursos y la continua mezcla que se presenta en la ciénaga de Paredes a lo largo de un pulso de inundación.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: María Isabel Críales Hernández, Bióloga.

Abstract

Title: Study of the functional morphology of the Fitoplancton in the Ciénaga de Paredes (Santander - Colombia) during a flooding pulse*

Author: Diana Marcela Sánchez Lobo**

Key words: phytoplankton, functional morphology, physicochemical variables, swamp.

Description:

The Paredes swamp is a wetland of conservation and ecological importance. It is located in a relict of tropical dry forest and belongs to the middle valley of the Magdalena river basin. The aim of this work was to describe the functional morphology of phytoplankton during the period 2013 – 2014, and its relationship with physicochemical variables. Thirty samples were analyzed from the water column in five different stations. Data of pH, conductivity, dissolved oxygen, and temperature were taken for each station. Also, surface samples were collected for nutrition analysis. Biomass, volume, Different values of surface area and maximum linear dimension were found to establish the adaptative strategies presented by phytoplankton.

A categorization of the species through their morphological traits like aerotopes, heterocyst, mucilage, flagellum, and silica, was done. The principal components analysis (PCA) showed that some of the variables like ammonium, pH, transparency, surface temperature, silica, and conductivity determined changes in the water column along the floodplain. We found 137 species. These species were grouped into five adaptive strategies, where strategy C presented the highest number of species and strategy R presented the highest biomass. However, strategy S grouped the lowest number of species and biomass. Also, strategies CR and

SR were found throughout the study period. The most common morphological feature found in this study was the presence of flagella. Finally, the canonical correlation analysis showed that variables like pH, transparency, conductivity, depth, and ammonium have an important role

in terms of variation. The high dominance of the species biomass found with strategy R and the high diversity of species found with strategy C show the resources availability and their continuous mixing that occurs at the Paredes swamp along a flood pulse.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: María Isabel Críales Hernández, Bióloga.

Introducción

El fitoplancton se caracteriza por ser una comunidad con amplia distribución y alta diversidad, que es modulada por los cambios a escala temporal, en las zonas tropicales se puede observar grandes contrastes entre las asociaciones de especies en las épocas de lluvias y sequía (Horne y Goldman, 1994). El fitoplancton responde al cambio constante de condiciones físicas y químicas de su ambiente, presentando fluctuaciones en sus características poblacionales, por ejemplo, en las abundancias y la composición de especies. Los organismos que componen la comunidad fitoplanctónica muestran un alto espectro de tamaños y volúmenes, que determinan: las tasas de crecimiento, hundimiento, evasión a la depredación, captura de nutrientes, entre otros (Capblancq y Catalan, 1994; González et al., 2004).

Por otra parte, la comunidad fitoplanctónica es un conjunto heterogéneo de organismos microscópicos con capacidad fotosintética, con el que casi siempre se realizan estudios estructura y dinámica ecológica con el uso de la taxonomía, esto quiere decir que mediante el uso del parentesco se hace la agrupación de los organismos principalmente a nivel de clase u orden (Nogueira, 2011). No obstante, los organismos que se encuentran relacionados filogenéticamente usualmente no presentan los mismos requerimientos ambientales, como la captura de nutrientes y de luz (Webb et al., 2002). Por lo tanto, el enfoque taxonómico no es el más preciso para reflejar el desempeño ecológico de los organismos en el ambiente (Figueredo y Giani, 2009; Mora, 2011; Kruk et al., 2010). Un mismo grupo taxonómico puede componerse de individuos que presentan tolerancias y requerimientos ambientales diversos, por ejemplo, organismos que se encuentran a nivel de clase presentan estructuras y formas de vida muy distintas y otros que se encuentran alejados filogenéticamente pueden responder de forma similar al ambiente (Costa et al., 2009;

Kruk et al., 2011). A partir de esto se han desarrollado algunas clasificaciones alternativas en las que el criterio que se usa para la agrupación no es la relación filogenética (Nogueira, 2011).

La ciénaga de Paredes hace parte del plano inundable del Magdalena cubriendo una gran extensión y con una de las mayores poblaciones dedicadas a la actividad pesquera, donde las comunidades humanas dependen de este recurso (SIPA, 2011). La cuenca del Magdalena presenta un valor ecológico e hidrológico que por desconocimiento de la comunidad general residente y no residente han hecho mal uso de los bienes y servicios que ofrece (Castellanos, 2006; Garzón y Gutiérrez, 2013; Vilaridy et al., 2014). A pesar del valor ecológico de los sistemas cenagosos actualmente existen pocos estudios de línea base que permitan establecer el estado actual y la diversidad de las ciénagas en el Magdalena Medio (Garzón y Gutiérrez, 2013).

En el presente trabajo se describe como la morfología funcional del fitoplancton se relaciona con las variables fisicoquímicas en la Ciénaga de Paredes durante un pulso de inundación (2013 – 2014). Dado que existe la necesidad generar estudios base para los sistemas cenagosos el estudio de la comunidad fitoplanctónica con el uso de la morfología funcional como nueva herramienta es una contribución significativa para entender lo que ocurre con estos sistemas.

1. Marco Teórico

1.1 Generalidades del Fitoplancton

El fitoplancton es una comunidad de organismos planctónicos en su mayoría fotoautotróficos, los cuales están adaptados a la suspensión en la columna de agua y se encuentran sometidos al movimiento pasivo del viento y las corrientes. Comúnmente se presentan en la zona fótica y completan una porción significativa de sus ciclos vitales en esta zona (Reynolds, 1984; Roldan y Ramírez, 2008; Harris, 2012).

La comunidad fitoplanctónica es el principal productor primario en los sistemas marinos y continentales, y es considerado el responsable de casi la mitad de producción primaria neta a nivel global. Los organismos fitoplanctónicos regulan y modifican las diferentes formas de compuestos químicos que se encuentran en la columna de agua (Iglesias-Rodríguez et al., 2002; Tozzi et al., 2004; Le Quéré et al., 2005).

El fitoplancton puede ser usado como modelo por diferentes razones, una de ellas es que son organismos pequeños que crecen rápidamente, por lo tanto, en un año pueden existir muchas generaciones y con esto es posible observar la sucesión de las especies. Esta sucesión de especies que componen el fitoplancton se puede completar en 100 días y ocurre como la sucesión de un bosque. Otra razón por la cual el fitoplancton es usado como un modelo es su presencia en cuerpos de agua de diferentes tamaños, que van desde pequeños charcos de agua formados por la lluvia hasta los grandes océanos (Harris, 2012).

Mediante el estudio del fitoplancton es posible conocer como es la respuesta de los organismos a los procesos físicos y químicos, por el alto impacto que tienen las fluctuaciones ambientales en el medio acuático. Esta respuesta es útil para saber cómo las actividades

antrópicas alteran las condiciones fisicoquímicas del agua causando un cambio en la composición y abundancia de las especies que hacen parte de la comunidad fitoplanctónica en una amplia gama de entornos a nivel espacial y temporal (Plata-Díaz, 2000; Anderson et al., 2002; Harris, 2012).

1.2 Morfología Funcional del fitoplancton

La morfología funcional en el fitoplancton incluye aspectos de forma, tamaño, características fisiológicas, rasgos morfológicos (aerótopos, mucilago, flagelo, heterocistos y sílice) y estrategias adaptativas que se relacionan con la distribución de los organismos, e incluye la aparición temporal y distribución de la comunidad, sin tener en cuenta las unidades taxonómicas (Salmaso y Padisak, 2007). Se puede describir entonces la comunidad fitoplanctónica a partir de la función de la forma de los organismos, que se ve manifestada en las adaptaciones y estas se reflejan en las estrategias evolutivas (Reynolds, 1988). Como resultado de esta integración se originan formas biológicas y morfologías funcionales que son características y no cambian fácilmente. Cuando se realiza este tipo de estudios se debe contemplar la diversidad de formas como la manera de expresar las alternativas de supervivencia en un ambiente que es inestable y móvil (Roldán y Ramírez, 2008).

1.3 Estrategias Adaptativas del Fitoplancton

Para el fitoplancton existen dos factores ambientales que limitan el crecimiento exponencial, el primero es la disponibilidad insuficiente de nutrientes esenciales (nitrógeno y fósforo) de tal forma que la tasa de crecimiento está limitada por una cuota celular agotada de uno u otro de estos nutrientes; y el segundo es la extensión de la zona de mezcla turbulenta que transporta las algas verticalmente a través del gradiente lumínico y en ocasiones, más allá de la

zona fótica (Roldán y Ramírez, 2008). Por lo tanto, Reynolds y colaboradores (1984 y 2002) postularon que las especies que componen la comunidad fitoplanctónica deben estar adaptadas primero, a explotar ambientes con alta disponibilidad de nutrientes y luz, convirtiéndolas en especies competidoras con altas tasas de reproducción y crecimiento, segundo, a sobrevivir bajo condiciones de bajos niveles de nutrientes esenciales y tercero, tolerar el transporte turbulento a través del gradiente de luz.

Reynolds (1988) adaptó el modelo de Grime (1977) para plantas terrestre elaborando una clasificación de los tres tipos de estrategias adaptativas del fitoplancton llamándolas estrategias: C, S y R. La estrategia C hace referencia a las especies que son competitivas o invasivas, de tamaño pequeño (> 0.5 mm) y tienen alta relación área superficial y volumen (S/V). La tasa metabólica es alta, son de rápido crecimiento, presentan sensibilidad a altas dosis de luz, son bastante susceptibles a la remoción por forrajeo y se encuentran poco en aguas estabilizadas (Reynolds, 1984; Reynolds, 1988; Reynolds, 2006). Un ambiente con alta concentración de nutrientes y poca mezcla dominan los organismos con estrategias C (Nogueira, 2011).

La estrategia S o también llamadas estrés tolerantes, son especies de gran tamaño (< 0.3 mm) y pequeña relación S/V. Poseen baja tasa de crecimiento y baja actividad metabólica. Necesitan de altos requerimientos de luz y son competentes para explotar ambientes con bajos niveles de nutrientes. Pueden controlar la tasa de sedimentación y alta resistencia al hundimiento, baja pérdida de crecimiento por forrajeo, tienen alta capacidad de almacenamiento de nutrientes, y logran incrementar las poblaciones mediante el reclutamiento de propágulos. Por otra parte, la capacidad para obtener la luz por unidad de volumen es menor cuando es comparada con las formas pequeñas. Adicionalmente presentan rasgos para protegerse de la fotoinhibición. Por sus características de tasas de crecimiento y respiración económicas, se encuentran en ambientes con

altas temperaturas. Aprovechan partículas orgánicas, poseen movilidad y estos organismos son dominantes en ambientes de baja concentración de nutrientes (Reynolds, 1984; Reynolds, 1988; Reynolds, 2006).

La estrategia R agrupa especies de tamaño intermedio a grande (> 0.5 mm), con morfologías que presentan alta relación S/V, alta tasa metabólica y alta tasa de crecimiento. Se encuentran en cuerpos de agua que presentan bajas temperaturas y alta irradiación solar. Explotan ambientes turbulentos y dependen de los altos coeficientes de mezcla para compensar pérdidas que tienen por hundimiento. Regulan el contenido de clorofila, el tamaño celular y los depósitos de energía según las condiciones de luz (Reynolds, 1984; Reynolds, 1988; Reynolds, 2006).

En 1984 Reynolds expone que existen especies que presentan características intermedias como CR, CS y RS, las cuales indican eficiencia en el uso de los recursos del medio y altas tasas de crecimiento del fitoplancton (Salcedo-Hernández et al., 2012).

1.4 Ciénagas: Llanuras de Inundación

Las ciénagas de origen fluvial según la convención de RAMSAR son cuerpos de agua poco profundos que tienen conexión directa y/o indirecta a un río, esta puede ser permanente o temporal (Whittaker y Likens, 1973). La columna de agua de estos sistemas no supera los 10 m de profundidad. Son sistemas polimícticos cálidos continuos, que en el día presentan estratificación y mezcla e isoterminia en la noche, además exhiben vegetación flotante y enraizada temporalmente y concentraciones altas de sustancias húmicas y suelos saturados (Lewis, 1983; Montoya y Aguirre, 2009).

Arias (1985), describe aspectos relacionados con la formación de ciénagas en Colombia y clasifica las ciénagas en cuatro tipos: 1. Una ciénaga simple y primaria conectada directamente al río, 2. Conjunto o racimo de ciénagas, consistente en una primaria conectada directamente al río y una o más ciénagas secundarias conectadas directa o indirectamente a la primaria, 3. Una ciénaga primaria conectada indirectamente al río; 4. Una ciénaga aislada sin conexión con el río. La ciénaga de Paredes estaría categorizada en la de tipo tres.

La dinámica de las ciénagas varía según la época del año, durante los períodos de inundación estas adquieren máximas extensiones y profundidades, invaden tierras adyacentes e intercambian agua con el río y durante la época de sequía, pueden seguir conectadas a los ríos por canales o perder la conexión al secarse los caños. Por estos cambios en los espejos de agua también existen variaciones anuales en la fisicoquímica del agua (Ducharme, 1975; Zárate y Cubides, 1977; Kapetsky et al., 1982).

El pulso de inundación se establece como una fuerza impulsora que actúa entre el cauce principal del río y el plano de inundación. El pulso de inundación afecta directamente las características de los diferentes hábitats y la estructura de las asociaciones faunísticas de estos sistemas, determina los flujos bióticos y de materiales e influyen en la disponibilidad de hábitat y alimento para la biota acuática (Junk et al., 1989; Junk y Wantzen, 2004; Ríos-Pulgarín et al., 2008). Las variaciones estacionales en la profundidad y la extensión de la inundación afectan en la disponibilidad de recursos tróficos, siendo más abundantes en aguas altas (Winemiller, 2004).

1.5 Estado del Arte

Los trabajos en esta temática de investigación se iniciaron en los años 80 con Reynolds (1984, 1987, 1988, 1994, 2006) en diferentes espejos de agua de Europa. Posteriormente, Kruk y

colaboradores (2010, 2011, 2012) trabajaron con la morfología funcional de fitoplancton y establecieron grupos funcionales, con muestras de lagos en Europa y Uruguay. Existen otros trabajos realizados en Suramérica en los cuales la temática central es la variación de la morfología funcional del fitoplancton con respecto al cambio en el pulso de inundación (De Emiliani, 1997; De Melo y Huszar, 1998; De Oliveira y Calheiros, 2000; De Domitrovic, 2003; Bovo-Scomparin et al., 2005; Loverde-Oliveira y Huszar, 2007; Devercelli, 2010). En Colombia los trabajos que se han desarrollado usando el enfoque de cambios en morfología funcional fitoplanctónica se han desarrollado en el sistema de lagos Yahuaraca en el Amazonas (Torres-Bejarano, 2006; Gómez et al., 2011; Salcedo-Hernández et al., 2012) en lagos y embalses de alta montaña (Pinilla, 2004; Solano, 2005; Mora, 2011); y en diferentes sistemas lénticos ubicados en las regiones Amazónica, Andina y Caribe en (Hernández-Atilano et al., 2012). En la ciénaga de Paredes aún no se ha desarrollado este tipo de enfoque y solo se ha elaborado un estudio taxonómico de la comunidad fitoplanctónica (Sanchez-Lobo y Criales-Hernández, 2015; Sanchez-Lobo y Criales-Hernández, 2016), en los cuales se compararon dos años de muestreo (1998 y 2013) y se relacionaron las variables ambientales de la ciénaga.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Describir la morfología funcional de la comunidad del fitoplancton y su relación con las variables fisicoquímicas en la Ciénaga de Paredes durante el pulso de inundación del 2013 - 2014.

2.2 Objetivos específicos

Identificar las morfoespecies presentes en la comunidad fitoplanctónica durante un pulso de inundación en la Ciénaga de Paredes.

Describir la morfología funcional del fitoplancton presente en la Ciénaga de Paredes durante un pulso de inundación.

Establecer cuáles son las estrategias adaptativas de las especies que componen el fitoplancton durante un pulso de inundación en la Ciénaga de Paredes.

Identificar como se relacionan las características fisicoquímicas y ambientales con las estrategias adaptativas del fitoplancton.

3. Materiales y Métodos

3.1 Área de Estudio

La Ciénaga de Paredes es un cuerpo de agua que hace parte del ecosistema de bosque seco tropical (bs-T) en el Valle Medio de la Cuenca del Río Magdalena (Holdridge, 2000; García y Dister, 1990). Se encuentra ubicada en el departamento de Santander, Colombia ($73^{\circ}46'37''\text{W}$, $7^{\circ}26'48''\text{N}$) entre los municipios de Sabana de Torres y Puerto Wilches (Gavilán-Díaz, 2000). El principal afluente es la Quebrada La Gómez con un flujo calculado de $1,82 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y algunos de sus afluentes secundarios son Quebrada El Champán, Quebrada la Hoya y como efluente el Caño Peruétano (Gavilán-Díaz, 2000) (Figura 1). Este último conecta la ciénaga con el Río Lebrija, que a su vez es un afluente del Río Magdalena considerándose una ciénaga Palustre tipo III (Roldán y Ramírez, 2008). La profundidad de la columna de agua está determinada por el régimen de lluvias, que es de tipo bimodal esta puede alcanzar hasta los 3000 mm anuales, (Arias, 1985; García y Dister, 1990). Este comportamiento marca el pulso hidrológico en estos ambientes definido con valores máximos finalizando mayo y noviembre asociado al período de aguas altas, y los mínimos en diciembre y febrero asociado al período de aguas bajas (Barón et al., 2006; Criales-Hernández y Jerez-Guerrero, 2015).

3.2 Fase de Campo

Se colectaron 30 muestras de fitoplancton durante un año cada dos meses, desde abril de 2013 hasta mayo de 2014, en cinco puntos de la Ciénaga de Paredes como parte del proyecto de la VIE código 5715 (Figura 1). Para establecer los períodos de aguas en ascenso, aguas en descenso, aguas altas y aguas bajas se utilizaron los datos del IDEAM y las profundidades de la

ciénaga correspondientes a los meses de abril, junio, septiembre y octubre de 2013 y febrero y mayo del 2014, debido a que estos fueron los meses de muestreo.

Las muestras de fitoplancton fueron depositadas en la Colección de Hidrobiología con número de registro UIS-MHB-00051 – UIS-MHB-217 del Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander.

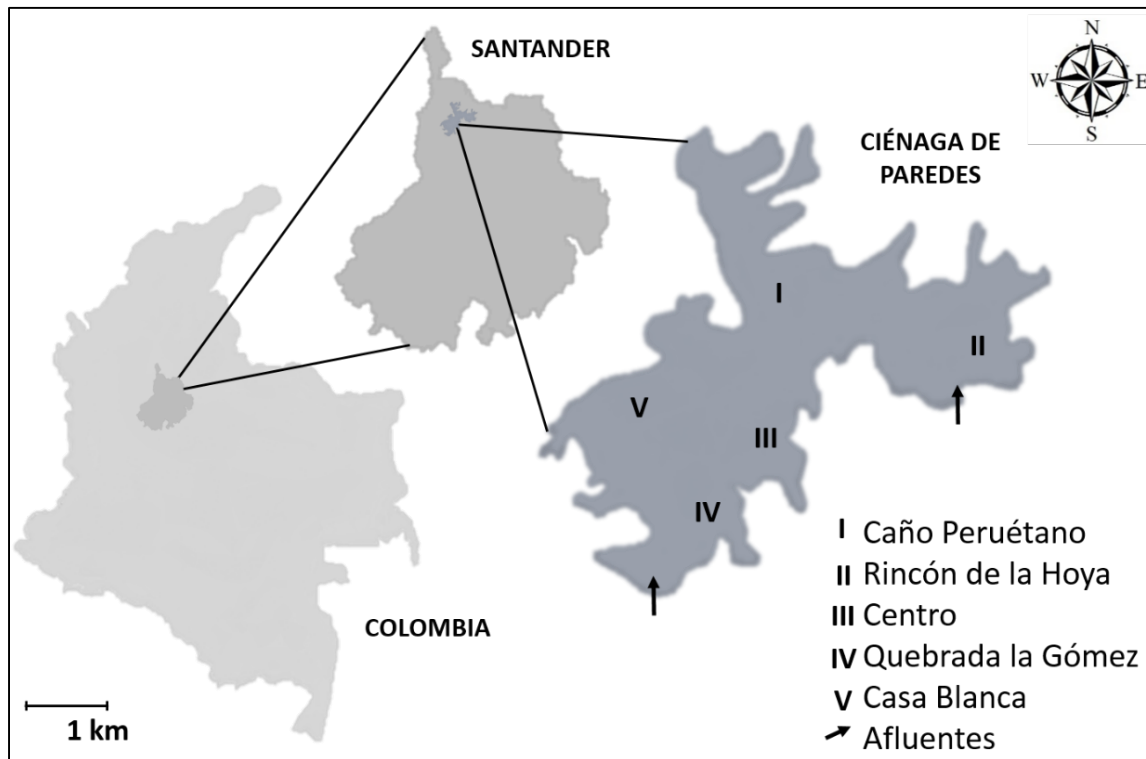


Figura 1. Ubicación de la Ciénaga de Paredes, departamento de Santander, Colombia, y las estaciones de muestreo.

En cada estación de muestreo se determinó el zona de compensación (Margalef, 1983), posteriormente se colectó una muestra cuantitativa utilizando un tubo de PVC (1") dispuesto a lo largo de la columna de agua hasta la zona de compensación. La muestra fue homogenizada y del total colectado se preservaron 150 ml, en una solución de lugol y formol (4%). Adicionalmente se tomaron las variables físicas *in situ* de temperatura (C°), oxígeno (mg/l), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$) utilizando una sonda multiparamétrica Hach (conductividad: 0,5 $\mu\text{S/cm}$,

temperatura: ± 0.3 °C y mV: 0,1 mV). En todos los puntos de muestreo se realizaron perfiles de la columna de agua de estas variables a diferentes profundidades: superficial, 30 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm, 180 cm, 200 cm, 250 cm, 280 cm y 300 cm. Se midió la transparencia por medio del uso del disco Secchi (diámetro = 0,20 m, bandas blancas y negras alternadas) (Tyler, 1968) y la profundidad máxima fue medida con una ecosonda HONDEX ps-7.

Con el fin de estimar las variables químicas: DBO₅ (standard methods 5210B), nitrógeno orgánico (standard methods 4500B), amonio (standard methods 4500E), dureza total (standard methods 2340C), alcalinidad (standard methods 2320B), nitratos (standard methods J. RODIER), nitritos (standard methods 4500B), fósforo total (standard methods 4500E), sílice (standard methods 4500B), fósforo disuelto (standard methods 4500E) se colectó 1 litro de agua en cada punto de muestreo siguiendo la metodología APHA (2005) y posteriormente fueron transportadas a un laboratorio certificado para su análisis. Por último, se tomó 1 litro de agua de cada punto de muestreo para la determinación de clorofila en el laboratorio de Hidrobiología siguiendo la metodología de APHA (2005) standard methods 10200H.

3.3 Fase de Laboratorio

Las muestras cuantitativas de fitoplancton fueron sedimentadas siguiendo el método propuesto por Utermöhl (1958), haciendo uso de la cámara de sedimentación de 50 ml. Se estimó la abundancia de los organismos efectuando conteos de franjas hasta 400 individuos de la morfoespecie más abundante para asegurar un límite de confiabilidad de 95% (Wetzel y Likens, 2000) utilizando un microscopio invertido Primovert Zeiss.

Para conocer el biovolumen de los individuos se utilizó un microscopio óptico Zeiss provisto de una cámara AxioCam, donde se tomaron las dimensiones lineales (ancho y largo) y

las medidas necesarias para obtener el volumen (V) y el área superficial (AS) según las ecuaciones de Hillebrand et al. (1999), Sun y Liu (2003) a 20 individuos de todas las morfoespecies que se encontraron en las muestras (Hillebrand et al., 1999; Sournia, 1978). Se midió la Máxima Dimensión Lineal (MDL) de cada individuo.

Para la identificación de las morfoespecies se utilizaron las claves taxonómicas disponibles en el laboratorio: Huber-Pestalozzi (1955), Patrick y Reimer (1966), Barber y Haworth (1981), Ettl (1983), Starmach (1983, 1985), Tell (1986), Komárek (1974, 1983), Komárek y Foot (1983), Komárek y Anagnostidis (1999, 2005), Parra (1982a, 1982b, 1982c, 1983a, 1983b), Cox (1996), Comas (1996) y González e Inostroza (2017).

3.4 Fase de Análisis

Con el fin de establecer si los datos eran o no paramétricos se realizaron pruebas de normalidad y varianza. Los datos fisicoquímicos fueron transformados con Log_{10} para realizar el Análisis de Componentes Principales (ACP) debido a que no cumplieron inicialmente con los supuestos de normalidad y varianza (Borcard et al., 2011).

A partir de los conteos realizados se determinó la densidad de cada morfoespecie (Lund et al., 1958).

$$N = \frac{n \times A}{Ac \times Ao \times V}$$

Donde N= densidad celular, n=número de células, A= área de la cámara, Ac=Área del campo ocular, Ao= número de campos contados, V= volumen sedimentado.

Se calcularon los valores de biomasa multiplicando la densidad de los organismos por el biovolumen.

Con el fin de asignar a cual estrategia adaptativa (C, S y R) pertenecían las especies fitoplanctónicas se utilizaron los valores de MDL, área superficial y volumen. Mediante la construcción de un gráfico de ordenación triangular de MDL en función de S/V se agruparon las especies que tienen estrategias adaptativas similares (Reynolds, 1984; Reynolds, 1988; Reynolds, 2006). Los rangos de valores para clasificar las especies fueron: estrategias C: MDL 3 - 80 μm y S/V 0,3 - 3,0 μm , estrategias S: MDL 30 - 500 μm y S/V 0,03 - 0,3 μm , estrategias R: MDL 10 - 300 μm y S/V 0,3 - 2,0 μm (Reynolds, 1988; Reynolds, 2006).

Se elaboró un gráfico de S/V en función de S/V*MLD para establecer el límite de las medidas de las especies y corroborar la asignación de las estrategias adaptativas (C, S y R). Adicionalmente mediante la elaboración de este gráfico se ubicaron las especies con estrategias adaptativas intermedias (Reynolds 1988, Reynolds 2006).

Se realizaron dos gráficos de ordenación triangular adicionales con el fin de comparar las estrategias adaptativas de la comunidad fitoplanctónica encontradas en la época de aguas bajas y aguas altas.

Mediante la observación de los organismos fitoplanctónicos al microscopio se realizó una categorización de las morfoespecies, que se basó en la presencia de los diferentes rasgos morfológicos categóricos (aerótopos, heterocistos, mucilago, flagelo y sílice).

Finalmente, para establecer cuál fue la relación entre la morfología funcional y las variables fisicoquímicas se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) que permitió ver la distribución de las morfoespecies durante el pulso de inundación estudiado. La significancia obtenida de los ejes obtenido en el ACC se evaluó mediante el test de

permutaciones de Monte Carlo (ter Braak y Smilauer, 2002). Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el uso del programa Rstudio (Rstudio, 2017).

4. Resultados

4.1 Hidroclimatología, Variables Físicas y Químicas

4.1.1 Variables climáticas e hidrológicas

Las precipitaciones en la Ciénaga de Paredes durante período de muestreo 2013 -2014 mostraron un comportamiento bimodal, alcanzando los 2846 mm. Las mayores precipitaciones se encontraron en los meses de mayo y septiembre y las menores precipitaciones se dieron en enero y febrero. Durante el período de muestreo los meses que presentaron menores niveles fueron enero 2013 y febrero 2014, y los meses de mayores niveles fueron diciembre 2013 y noviembre 2013 y 2014 y mayo 2013 y 2014 (Apéndice 1).

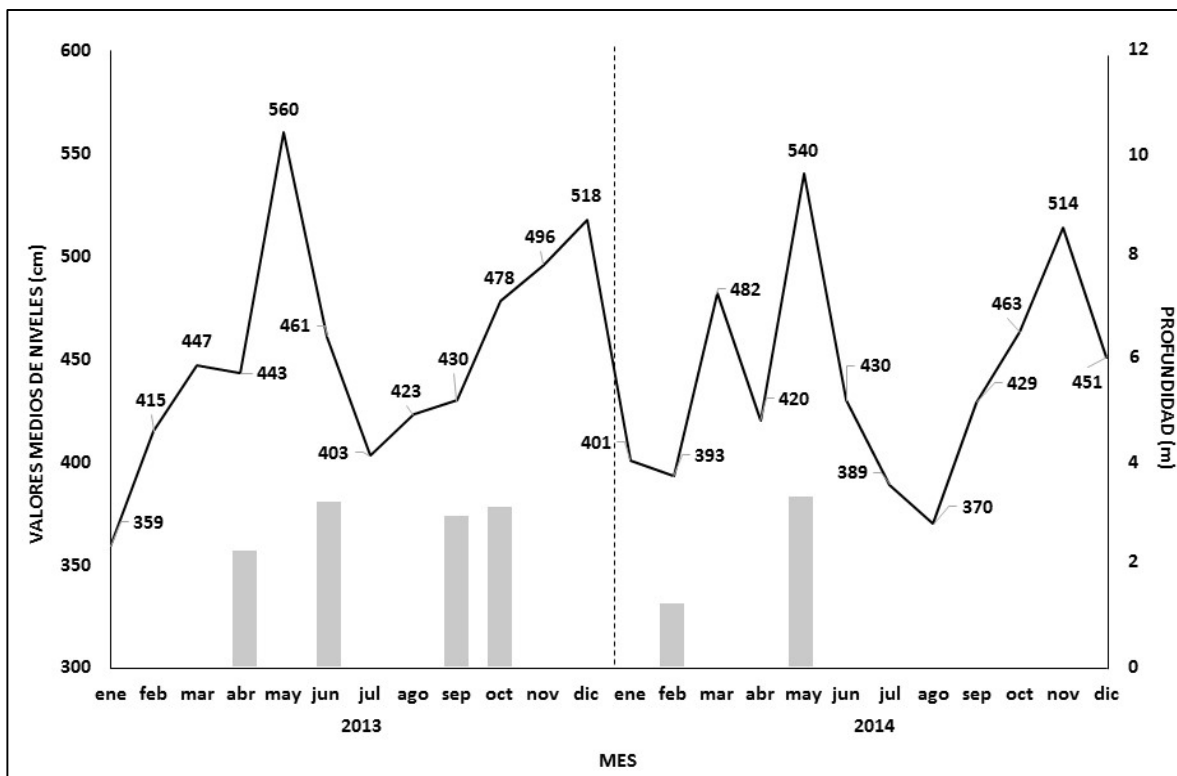


Figura 2. Valores medios mensuales de niveles y profundidad promedio de la Ciénaga de Paredes durante el 2013 – 2014. (Datos tomados del IDEAM estaciones Puerto Wilches y Paredes).

Las mayores profundidades se registraron para los meses fueron junio 2013 y octubre de 2013 y mayo de 2014; las menores fueron para los meses de abril 2013, septiembre de 2013 y febrero de 2014 (Figura 2).

Mediante los valores de precipitación, los niveles medios mensuales y la profundidad se pudo observar que para el 2013-2014 los meses de aguas altas fueron mayo y noviembre, los meses de aguas en ascenso marzo, abril, agosto, septiembre y octubre, aguas bajas febrero y aguas en descenso enero, junio y diciembre (Figura 2). De esta manera se estableció que durante el período de muestro 2013-2014, aguas en ascenso correspondió a los meses de abril, septiembre y octubre de 2013, aguas en descenso al mes de junio 2013, aguas bajas a febrero 2014 y finalmente aguas altas a mayo 2014. La precipitación media para los trece años fue de 2686 mm (± 490), el 2013 presentó una precipitación de 2805 mm y el 2014 fue de 2434 mm (Figura 3).

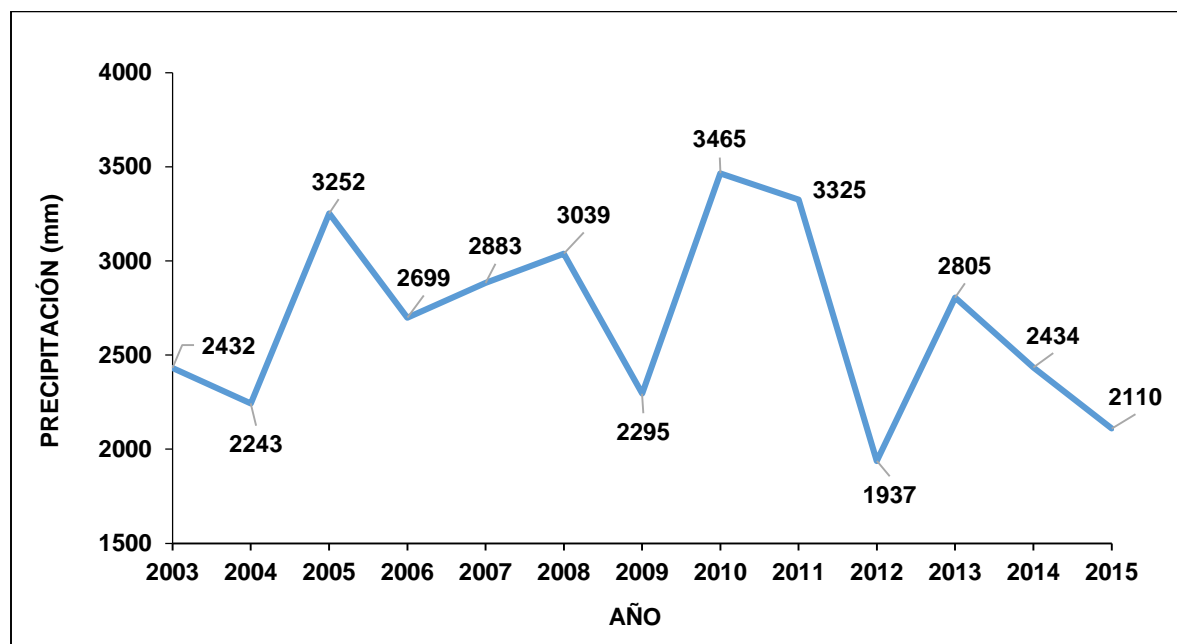


Figura 3. Valores anuales de precipitación (2003 – 2015). (Datos tomados del IDEAM estación Paredes).

4.1.2 Conductividad y pH

La ciénaga de Paredes presentó un valor promedio de conductividad de 46,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante el 2013-2014. Los mayores valores se presentaron en los meses de abril 2013 y mayo 2014 (84,5 y 120,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente) y los menores valores fueron para los meses de septiembre 2013 y octubre 2013 (18 a 21 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Figura 4). Las estaciones que presentaron los valores más altos de conductividad fueron las estaciones de Caño Peruétano y Rincón de la Hoya con valores de 120,1 y 118,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente y las estaciones Centro de la ciénaga y Quebrada la Gómez presentaron los valores más bajos 19,3 y 18,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente (Apéndice 2).

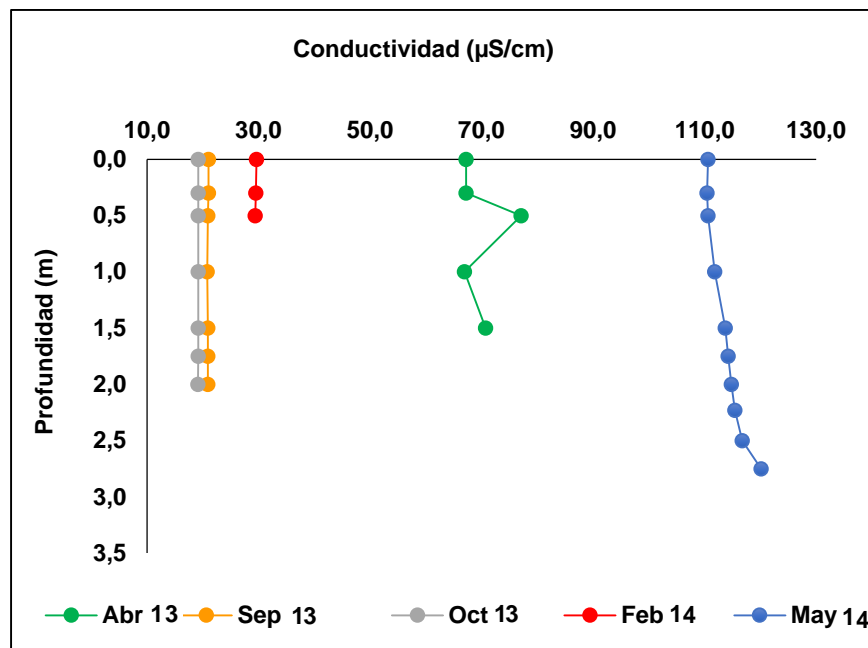


Figura 4. Perfil vertical de conductividad para la estación Caño Peruétano durante el período 2013 - 2014 (Apéndice 3). *Para el mes de Junio no se registraron los valores de conductividad.

Con respecto al pH el valor medio fue 6,8 unidades durante el período de muestreo 2013 - 2014. En todas las estaciones se observaron valores de pH con tendencia a la acidificación entre

5 - 6 unidades. Los meses de abril 2013 y junio 2013 fueron los meses con los valores de mayor acidez presentando un pH que iba desde 4,8 hasta 6,3 unidades (Figura 5). Para los meses de abril 2013, octubre 2013, febrero 2014 y mayo 2014 se presentaron valores que tendían a un pH neutral, con valores que oscilaban entre 7,04 a 7,3 unidades (Apéndice 2).

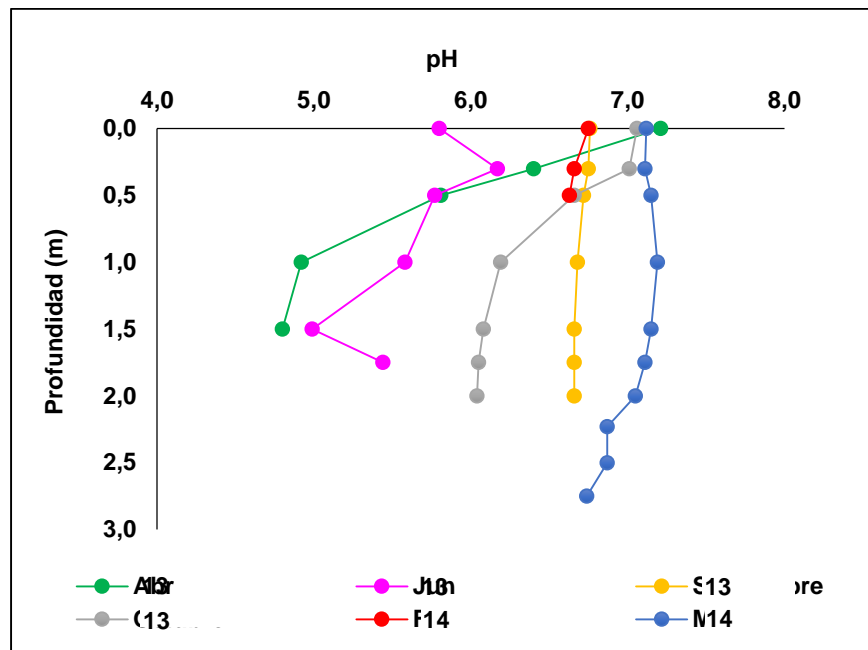


Figura 5. Perfil vertical de pH para la estación Quebrada la Gómez durante el período 2013 – 2014 (Apéndice 3).

4.1.3 Oxiclina y termoclina

Los meses en los que se registraron las mayores temperaturas en la columna de agua fueron abril 2013 (33 °C), junio 2013 (32,5°C), septiembre 2013 (31,5°C) y febrero 2014 (31,5 °C) y los en los meses de octubre 2013 y mayo 2014 se presentaron las menores temperaturas (29,5°C) (Apéndice 2).

No se evidenció la formación de la termoclina, aunque se observa un leve cambio de temperatura de la superficie al fondo, que es más evidente entre los 0,3 a 1,5 m de profundidad,

esto también se observó durante los meses de septiembre 2013, octubre 2013 y mayo 2014; para los meses de abril 2013, junio 2013. Para febrero 2014 se observó menor variación de temperatura de la superficie al fondo, entre 0,3 y 0,6 m, observándose una mayor mezcla en la columna de agua en todas las estaciones de muestreo (Figura 6).

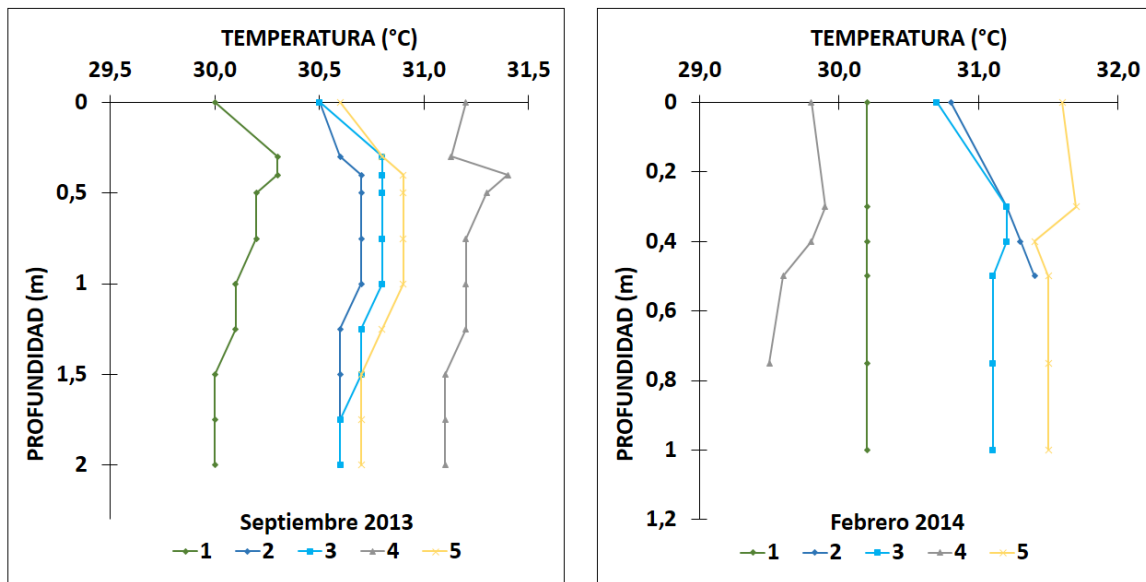


Figura 6. Perfiles verticales de temperatura (°C) en la columna de agua de las cinco estaciones de muestreo en la Ciénaga de Paredes (Santander) en los meses de septiembre 2013 y febrero 2014. Los números indican la estación: 1. Caño Peruétano, 2. Rincón de la Hoya, 3. Centro de la ciénaga, 4. Quebrada la Gómez, 5. Casa Blanca (Apéndice 3).

El oxígeno presentó una distribución vertical tipo clinógrado debido a la disminución progresiva desde la superficie hasta el fondo de la ciénaga. Se presentaron patrones de mezcla con una leve estratificación química durante todos los meses de muestreo (Figura 7). Para Mayo 2014 se observaron menores cambios en los valores de oxígeno a través de la columna de agua para todas las estaciones excepto para la estación Caño Peruétano, en donde se ve una disminución del oxígeno de la superficie al fondo (Apéndice 3). La variación del oxígeno se observó entre los 0,3 y 2 m para los meses de altos niveles de agua (abril 2013, septiembre 2013,

octubre 2013 y mayo 2014) y para los meses de bajos niveles en la columna de agua (junio 2013 y febrero 2014) se observa entre los 0,3 y 1 m (Figura 7).

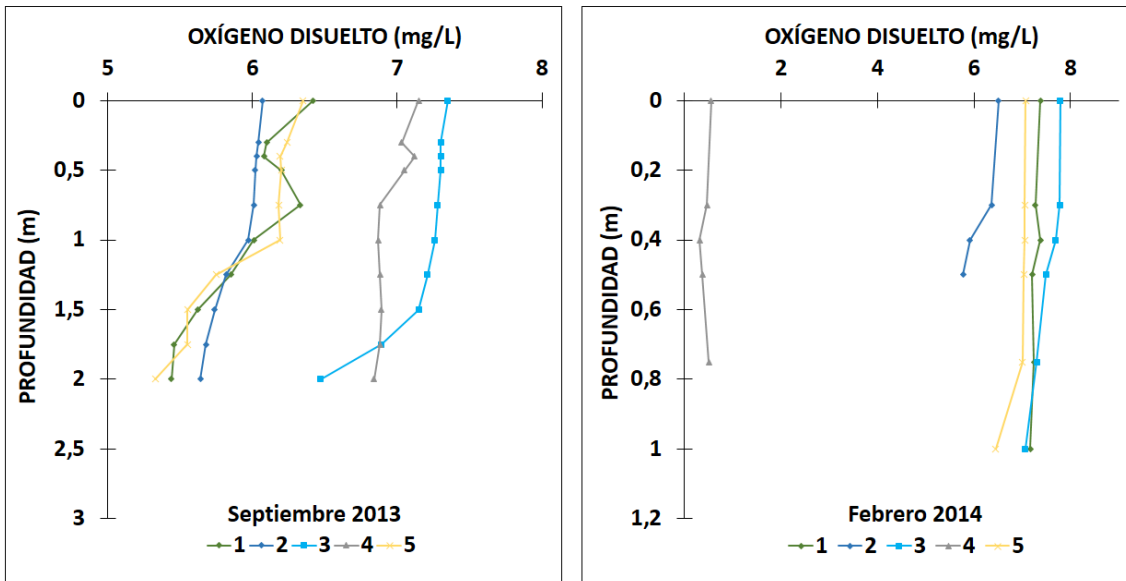


Figura 7. Perfiles verticales de oxígeno (mg/L) en cinco estaciones de muestreo en la Ciénaga de Paredes (Santander) durante septiembre 2013 y febrero 2014. Los números indican la estación: 1. Caño Peruétano, 2. Rincón de la Hoya, 3. Centro de la ciénaga, 4. Quebrada la Gómez, 5. Casa Blanca.

4.2 Nutrientes

El valor medio de dureza total fue $26,1 (\pm 26)$ mg/L. El mes que presentó los mayores valores de dureza total fue mayo 2014, con valores que estuvieron desde 78 mg/L hasta 80 mg/L. Los meses con los menores valores fueron junio y septiembre de 2013, y febrero de 2014 con valores máximos de 5 mg/L y mínimos de 11 mg/L. Las estaciones que presentaron los mayores valores durante el período de muestreo fueron Centro de la ciénaga y Quebrada la Gómez (Apéndice 2).

El valor medio de alcalinidad fue $10,8 (\pm 8,2)$ mg/L. En los meses de abril 2013 y mayo 2014 se presentaron los mayores valores de alcalinidad, con valores desde 13,4 mg/L hasta 32 mg/L. Los meses con los menores valores de alcalinidad fueron junio 2013, septiembre 2013 y febrero 2014 con valores máximos de 5,4 mg/L y mínimos de 5 mg/L. Las estaciones que presentaron los mayores valores de alcalinidad fueron Caño Peruétano y Centro de la Ciénaga (Apéndice 2).

El valor medio de amonio fue $0,58 (\pm 1,5)$ mg/L. Los meses de junio, septiembre y octubre de 2013 fueron los que presentaron los mayores valores de amonio con valores desde 0,31 hasta 1,21 mg/L. Los menores valores de amonio se presentaron en los meses de abril 2013 y mayo 2014 con valores máximos de 0,11 mg/L y mínimos de 0,18 mg/L. Se observó un valor atípico durante el mes de octubre 2013 en la estación Casa Blanca donde registró un valor de 8,4 mg/L. Las estaciones que presentaron los mayores valores de amonio fueron Casa Blanca, Rincón de la Hoya y Quebrada la Gómez (Apéndice 2).

El valor medio de nitrógeno orgánico fue de $4,6 (\pm 3,2)$ mg/L. Los mayores valores de nitrógeno orgánico se presentaron en los meses de junio, septiembre y octubre de 2013, con valores desde los 7,53 mg/L hasta 15,49 mg/L. Los valores más bajos de nitrógeno orgánico se presentaron durante febrero y mayo de 2014, con valores mínimos de 0,33 mg/L y máximos de 2,84 mg/L. Las estaciones que presentaron los mayores valores de nitrógeno orgánico fueron Quebrada la Gómez, Rincón de la Hoya y Centro de ciénaga (Apéndice 2).

El valor medio de nitratos fue $0,09 (\pm 0,1)$ mg/L. Los mayores valores de nitratos se presentaron en los meses de junio 2013 y septiembre 2013 con valores desde 0,19 mg/L hasta 0,55 mg/L. Los menores valores de nitratos se encontraron en el mes de octubre 2013, con

valores mínimos de 0,013 mg/L y máximos de 0,042 mg/L. Las estaciones con los mayores de nitratos fueron Caño Peruétano y Quebrada la Gómez (Apéndice 2).

El valor medio de sílice fue 10,9 ($\pm 15,1$) mg/L. Los meses que presentaron los mayores valores fueron abril 2013, octubre 2013 y febrero 2014, con valores desde 12 mg/L hasta 28 mg/L. Los menores valores de sílice se presentaron en los meses de mayo 2014 con valores mínimos de 0,2 mg/L y máximos de 7 mg/L. Las estaciones con los mayores valores de sílice fueron Caño Peruétano y Quebrada la Gómez (Apéndice 2).

4.3 Clorofila *a*

El valor medio de clorofila *a* fue 16,4 mg/m³. Los valores de clorofila *a* encontrados estuvieron desde los 2,65 mg/m³ hasta 36,98 mg/m³ durante el período de muestreo. Los meses de junio y octubre de 2013, y febrero 2014 presentaron los mayores valores de clorofila *a*, con valores desde 15,74 mg/m³ hasta 36,9 mg/m³. Los meses de menores valores de clorofila *a* fueron septiembre y octubre de 2013 con valores mínimos de 2,7 mg/m³ y máximos de 9,5 mg/m³. Las estaciones con los mayores valores de clorofila *a* durante todo el período de muestreo fueron Rincón de la Hoya y Casa Blanca (Apéndice 2).

4.4 Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales (ACP) de las variables fisicoquímicas presentó un porcentaje de variación del 60,79 % para los tres primeros ejes (Tabla 1). Las variables asociadas con el primer eje fueron transparencia, amonio y pH, para el segundo eje fueron temperatura superficial, sílice y conductividad, y para el tercer eje el Oxígeno Disuelto y profundidad (Apéndice 4).

Tabla 1. Varianza de los cuatro primeros ejes del ACP para datos fisicoquímicos de la Ciénaga de Paredes.

Eje	Eigenvalues	%Varianza	%Varianza acumulada
1	2,71	27,13	27,13
2	1,78	17,86	44,99
3	1,58	15,80	60,79
4	1,04	10,48	71,27

El ACP mostró la formación de tres grupos, el primero agrupó las estaciones del mes de mayo 2014 que se caracterizó por presentar los valores máximos de conductividad durante todo el período de muestreo y los menores valores de Clorofila *a* y pH. El segundo grupo se conformó por los meses de abril y octubre de 2013, y febrero 2014, estos meses presentaron valores intermedios de todas las variables y los puntos más alejados de este grupo son estaciones que correspondieron a octubre 2013 y febrero 2014. El segundo grupo presentó además los mayores valores de clorofila *a* y los menores valores de profundidad y conductividad.

El tercer grupo se conformó con los meses de junio y septiembre 2013, estas estaciones se caracterizaron por presentar los mayores valores de amonio, transparencia y nitratos y los menores valores de pH durante el periodo de estudio (Figura 8).

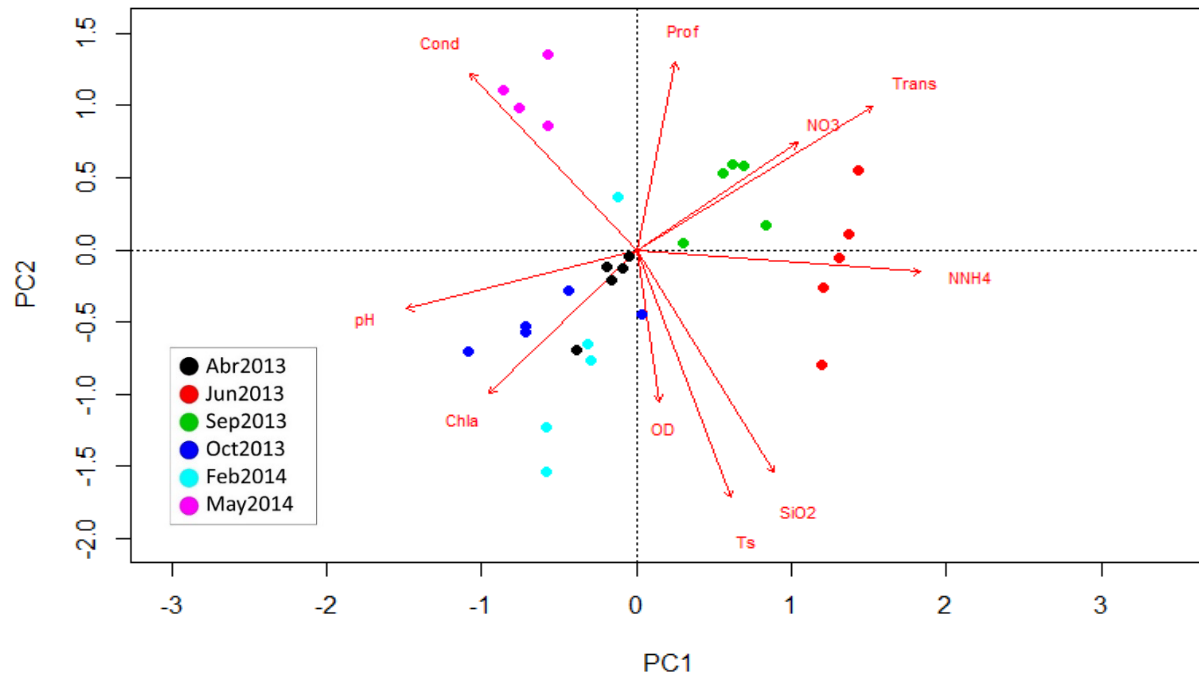


Figura 8. Análisis de componentes principales. Ts: Temperatura superficial, Cond: Conductividad, OD: Oxígeno Disuelto, Prof: Profundidad, Trans: Transparencia, Chla: Clorofila a , NO₃: nitratos, SiO₂: sílice, NNH₄: amonio.

4.5 Variables Biológicas

4.5.1 Estructura y composición del fitoplancton

Se identificaron 137 morfoespecies distribuidas en seis phyla, 13 clases, 23 órdenes, 36 familias y 58 géneros. El phylum que presentó mayor número de morfoespecies fue Chlorophyta (46 morfoespecies), la clase Chlorophyceae (34 morfoespecies) presentó el mayor número de morfoespecies, el orden Sphaeropleales (32 especies) presentó la mayor representación de especies y la familia Desmidiaceae (23 especies) presentó el mayor número de especies (Apéndice 5).

Las 46 morfoespecies pertenecientes al phylum Chlorophyta (46) se encontraron distribuidas en 3 clases, 4 órdenes y 10 familias. Streptophyta fue el segundo grupo con mayor

número de morfoespecies (28), seguido por Euglenophyta (24) y Ochrophyta (23), el phylum Cyanobacteria presentó 13 morfoespecies y el phylum que presentó el menor número de morfoespecies fue Dinophyta (3) (Apéndice 5).

Se observaron morfoespecies únicas para cada mes de muestreo, febrero de 2014 fue el mes que presentó la mayor cantidad de especies únicas con 14 morfoespecies, seguido por el mes de abril y octubre de 2013 con siete morfoespecies cada una; septiembre y junio de 2013 presentaron seis y cinco morfoespecies únicas respectivamente (Tabla 3).

El número de morfoespecies y sus abundancias cambio a lo largo del pulso de inundación siendo el período de aguas altas el que presentó el mayor número de morfoespecies con 109, las especies *Fragilaria sp1*, *Planktolyngbya sp1*, *Cosmarium sp1*, y *Aulacoseira granulata* fueron las que presentaron mayor abundancia en todas las estaciones; seguido por el período de aguas en asenso donde se encontraron 101 morfoespecies, las especies *Planktolyngbya sp1*, *Dolichospermum sp1*, *Cosmarium sp1* y *Cylindrospermopsis sp1* fueron las que presentaron mayor abundancia en todas las estaciones. En el período de aguas bajas se encontraron 95 morfoespecies, las especies *Fragilaria sp1*, *Planktolyngbya sp1*, *Trachelomonas volvocina* y *Pinnularia sp1* fueron las que presentaron la mayor abundancia en todas las estaciones. Por último el período de aguas en descenso presentó el menor número de morfoespecies con 59, las especies *Planktolyngbya sp1*, *Dolichospermum sp1* y *Anabaenopsis sp1* fueron las más abundantes en todas las estaciones (Apéndice 6).

Tabla 2. Lista de especies únicas presentes en cada mes de muestreo en la Ciénaga de Paredes.

	Morfoespecie	2013				2014	
		Abr	Jun	Sep	Oct	Feb	May
Chlorophyta	<i>Crucigenia sp2</i>			X			
	<i>Crucigenia sp3</i>			X			
	<i>Crucigeniella pulchra</i>	X					
	<i>Coelastrum microporum</i>	X					
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	X					
	<i>Tetraedron sp1</i>	X					
	<i>Desmodesmus sp4</i>		X				
	<i>Desmodesmus sp5</i>			X			
	<i>Monactinus sp1</i>				X		
	<i>Monoraphidium cf. caribeum</i>				X		
	<i>Ankistrodesmus sp1</i>					X	
	<i>Desmodesmus cf. javanensis</i>					X	
	<i>Kirchneriella diana</i>					X	
	<i>Ulothrix sp1</i>						X
	<i>Pandorina sp1</i>						X
	Dinoflagellata	<i>Peridinium sp2</i>				X	
Euglenophyta	<i>Euglena sp4</i>						X
	<i>Phacus sp3</i>		X				
	<i>Phacus sp7</i>			X			

	<i>Trachelomonas sp1</i>	X					
	<i>Trachelomonas sp3</i>					X	
	<i>Trachelomonas sp4</i>					X	
	<i>Trachelomonas cf. horrida</i>						X
Ochrophyta	<i>Amphipleura sp1</i>					X	
	<i>Caloneis sp1</i>						X
	<i>Craticula cuspidata</i>					X	
	<i>Cymbella sp1</i>				X		
	<i>Diatoma sp1</i>					X	
	<i>Gyrosigma sp1</i>	X					
	<i>Melosira sp1</i>					X	
	<i>Stauroneis sp1</i>					X	
	<i>Navicula sp2</i>			X			
	<i>Pseudostaurastrum limneticum</i>						X
	<i>Surirella sp1</i>	X					
Streptophyta	<i>Staurodesmus sp4</i>			X			
	<i>Staurodesmus connatos</i>					X	
	<i>Staurodesmus patens</i>				X		
	<i>Staurastrum sp4</i>		X				
	<i>Staurastrum pingue</i>					X	

4.6 Morfología Funcional del Fitoplancton

4.6.1 Rasgos morfológicos categóricos de la comunidad fitoplanctónica

Se identificaron cinco rasgos morfológicos categóricos para 59 morfoespecies de fitoplancton los cuales fueron: aerótopos, mucilago, heterocistos, flagelos y sílice. El rasgo morfológico categórico más común fue la presencia de flagelo encontrándose en 25 morfoespecies, los siguientes más frecuentes fueron la presencia de mucilago (17) y sílice (14). La presencia de aerótopos y heterocistos fueron los rasgos que menos se encontraron con 4 morfoespecies (Tabla 4).

Tabla 3. Lista rasgos funcionales con su respectivas morfoespecies del período de muestreo en la Ciénaga de Paredes.

Rasgo morfológico	Morfoespecies
Aerotopo (A)	<i>Dolichospermum sp1, Dolichospermum sp2, Anabaenopsis sp1, Cyndrospermopsis sp1.</i>
Flagelo (F)	<i>Euglena sp1, Euglena sp2, Euglena sp3, Euglena sp4, Gymnodinium sp1, Pandorina sp1, Peridinium sp1, Peridinium sp2, Phacus longicauda, Phacus sp1, Phacus sp2, Phacus sp3, Phacus sp4, Phacus sp5, Phacus sp6, Phacus sp7, Trachelomonas armata, Trachelomonas cf. horrida, Trachelomonas hispida, Trachelomonas sp1, Trachelomonas sp2, Trachelomonas sp3, Trachelomonas sp4, Trachelomonas sp5, Trachelomonas volvocina.</i>

Mucilago (M)	<i>Pandorina sp1, Dictyosphaerium pulchellum, Eutetramorus sp1, Microcystis sp1, Ankistrodesmus bibraianus, Ankistrodesmus cf. falcatus, Chrocooccus cf. mediterránea, Coelosphaerium sp1, Dictyosphaerium sp1, Dimorphococcus sp1, Kirchneriella cf. diana, Oocystis sp2, Oocystis sp1, Pseudoanabaena sp1, Selenastrum sp1, Tetrastrum glabrum, Westella cf. botryoides.</i>
Sílice (Si)	<i>Amphipleura sp1, Aulacoseira distans, Aulacoseira granulata, Caloneis sp1, Diatoma sp1, Fragilaria sp1, Gyrosigma sp1, Stauroneis sp1, Navicula sp2, Cymbella sp1, Melosira sp1, Pinnularia sp1, Surirella sp1, Synedra ulna.</i>
Heterocisto (H)	<i>Dolichospermum sp1, Dolichospermum sp2, Anabaenopsis sp1, Cyndrospermopsis sp1.</i>

4.6.2 Estrategias de vida del fitoplancton de la Ciénaga de Paredes

Se clasificaron los organismos respecto a las estrategias de vida CSR para la Ciénaga de Paredes, encontrándose organismos con los tres tipos de estrategias. La mayoría de los organismos fitoplanctónicos encontrados presentaron estrategias C o colonizadores (Figura 10). Esta estrategia agrupó los organismos que se caracterizan por ser colonizadores, con MDL pequeño (4-78 μm), con alta relación S/V (1,3); la mayoría de organismos son unicelulares y con formas esféricas y elipsoides. Las 86 morfoespecies encontradas son organismos pertenecientes a todas las phyla identificadas. *Cosmarium sp1, Trachelomonas cf. volvocinopsis, Monoraphidium sp1, Peridinium sp1, Pinnularia sp1, Limnococcus sp1, Crucigenia lauterbornii,*

Dictyosphaerium sp1, *Oocystis sp1*, *Phacus sp1*, *Desmodesmus sp1*, *Westella sp1* son algunas de las especies identificadas en esta estrategia de vida (Apéndice 6).

La segunda estrategia encontrada fue la S que se caracterizó por tener MDL grande observándose organismos con longitudes desde 32 μm hasta 376 μm y baja relación S/V (0,2); la mayoría de organismos presentaron formas elipsoides alargadas y cilíndricas, en esta estrategia se agruparon 15 morfoespecies: *Coelastrum cf. indicum*, *Euglena sp4*, *Oocystis sp2*, *Oscillatoria sp3*, *Peridinium sp2*, *Phacus longicauda*, *Phacus sp2*, *Phacus sp7*, *Pseudostaurastrum lobulatum*, *Staurastrum cf. affine*, *Staurastrum sp3*, *Strombomonas sp1*, *Strombomonas sp2*, *Trachelomonas armata* y *Treubaria sp1* (Apéndice 6).

La tercera estrategia encontrada fue R, los organismos presentaron MDL alto y relación S/V alta (1), dentro de esta estrategia se identificaron 40 morfoespecies, la mayoría son de forma cilíndrica, en esta estrategia se agruparon organismos filamentosos como *Dolichospermum spp*, *Cylindrospermopsis sp1*, *Planktolyngbya sp1* y *Oscillatoria spp*, algunas diatomeas como *Fragilaria sp1*, *Diatoma sp1*, *Stauroneis sp1*, *Synedra sp1*, *Aulacoseira granulata* y *Closterium sp2*, *Closterium setaceum*, *Closterium sp3* que fueron las desmideas con mayor MDL (Apéndice 6).

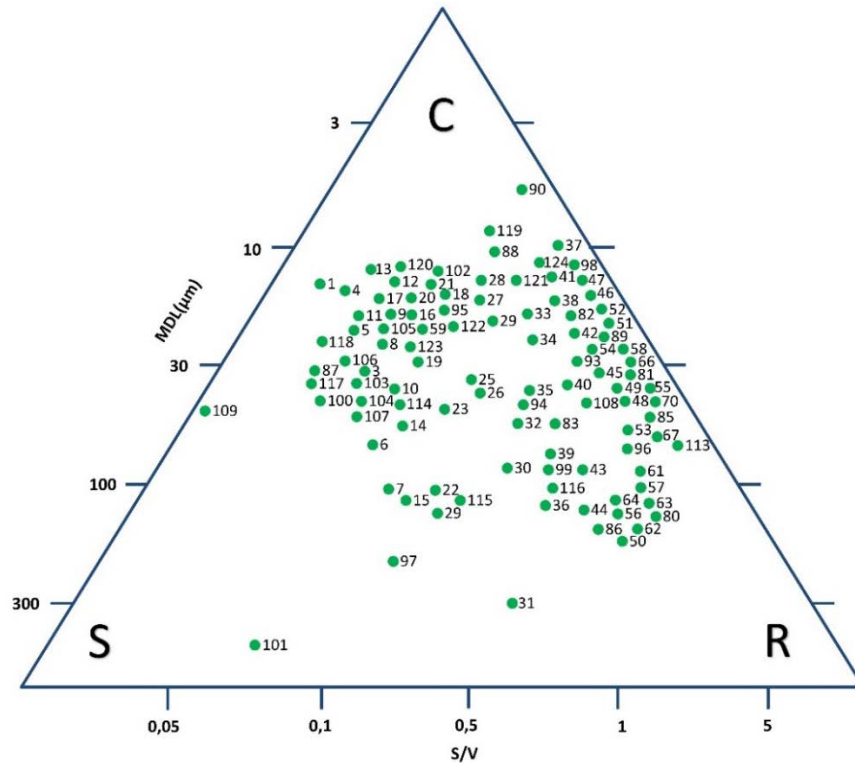


Figura 9. Ordenación triangular de las características morfológicas de la comunidad del fitoplancton en la Ciénaga de Paredes (Santander). La máxima dimensión lineal (MDL) se representó en función de la relación superficie volumen (S/V). Se observa la distribución de los organismos fitoplanctónicos con respecto a las estrategias C, S y R. Los números corresponden al código asignado para cada especie (Apéndice 7).

Algunos organismos presentaron características de dos estrategias de vida, estas estrategias intermedias fueron CR y SR (Figura 11). Para la estrategia CR se encontraron 16 especies, algunas como: *Pinnularia sp1*, *Ankistrodesmus benardii*, *Aulacoseira distans*, *Centractus sp1*, *Pseudoanabaena sp1*, *Chlorotetraedron sp1*, *Closterium calosporum*, *Euglena sp5*, *Staurastrum sp1* y *Pseudostaurastrum limneticum*, estas especies presentaron MDL altos, desde 34 µm hasta 74 µm, con una relación S/V de 0,4 a 1,6 y la mayoría presentaron formas cilíndricas (Apéndice 6).

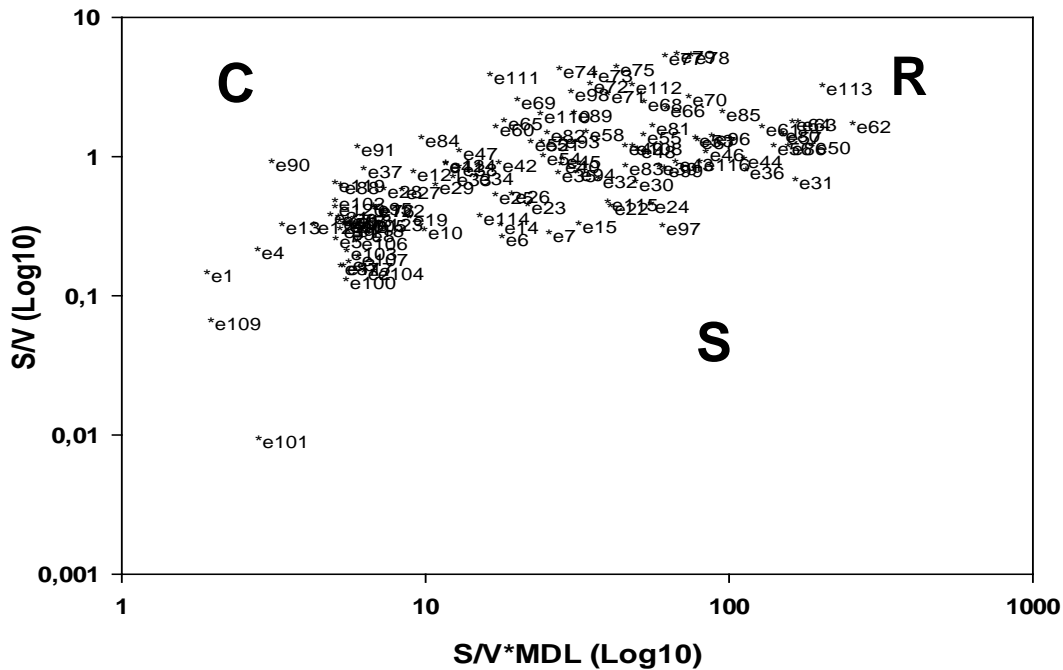


Figura 10. Ordenación morfológica de la comunidad de fitoplancton en la Ciénaga de Paredes (Santander) durante un pulso de inundación.

En cuanto al comportamiento de las estrategias de vida a lo largo del pulso de inundación la mayoría de formas de los organismos encontrados en aguas altas y bajas fueron elipsoides alargadas. En la época de aguas bajas se encontraron 76 morfoespecies, la especie dominante fue *Fragilaria sp1* seguida por *Dolichospermum sp1* y *Planktolyngbya sp1* y las especies de esta época presentaron un MDL promedio de 57,99 μm y S/V 1,27 (Figura 12a). Con respecto a aguas altas se encontraron 62 morfoespecies (Figura 12b), la especie dominante fue *Fragilaria sp1* seguida por *Planktolyngbya sp1* y *Cosmarium sp2*, las especies encontradas en esta época presentaron un MDL promedio de 51,23 μm y una relación S/V menor a la que se presentó en aguas bajas (0,72).

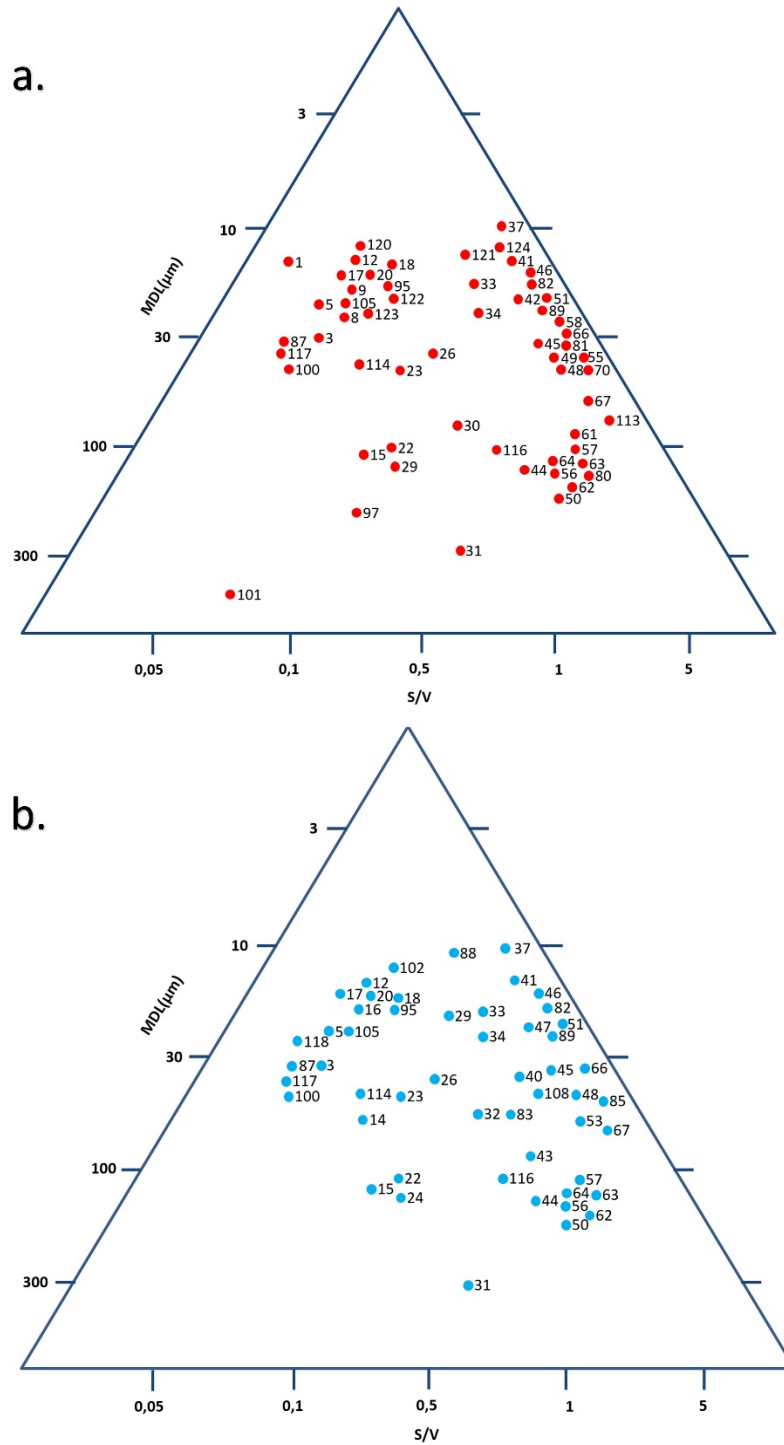


Figura 11. Ordenación triangular de las características morfológicas de la comunidad del fitoplancton en la Ciénaga de Paredes (Santander). a) Aguas bajas b) Aguas altas. Los números corresponden al código asignado para cada especie (Apéndice 7).

4.7 Biomasa de la Comunidad Fitoplanctónica

Los valores máximos de biomasa se presentaron en el mes de abril 2013 ($4,4 \text{ mm}^3.\text{ml}^{-1}$) y junio 2013 ($1,99 \text{ mm}^3.\text{ml}^{-1}$), las cianobacterias (*Dolichospermum sp1*, *Planktolyngbya sp1*, *Cylindrospermopsis sp1* y *Anabaenopsis sp1*) y las diatomeas (*Aulacoseira granulata*, *Pinnularia sp1* y *Fragilaria sp1*) fueron las que aportaron los mayores valores de biomasa. Los menores valores de biomasa se encontraron en los meses de febrero 2014 (aguas bajas) ($0,09 \text{ mm}^3.\text{ml}^{-1}$) y mayo 2014 (aguas altas) ($0,6 \text{ mm}^3.\text{ml}^{-1}$).

La mayor biomasa estuvo representada con organismos que presentaron estrategia de vida R para todo el pulso de inundación, seguido por la estrategia C, CR, S y finalmente la estrategia SR, que fue la estrategia con las menores biomazas (Figura 12).

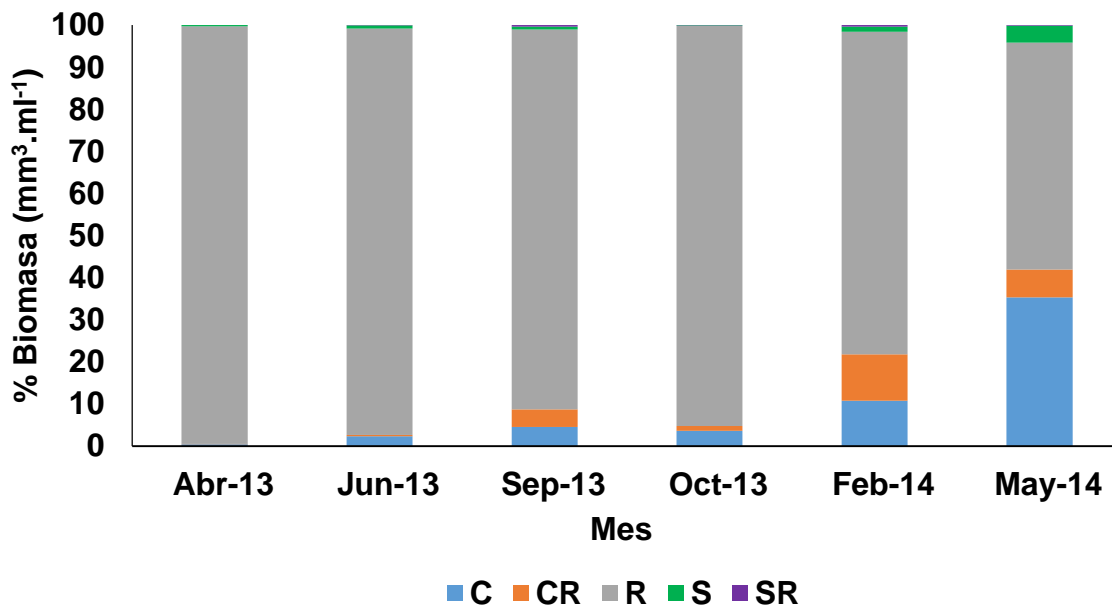


Figura 12. Porcentaje de biomasa ($\text{mm}^3.\text{ml}^{-1}$) de las estrategias adaptativas del fitoplancton (C, S, R, CR y SR) durante el período 2013 – 2014 en la Ciénaga de Paredes.

4.8 Relación Variables Físicoquímicas y Morfología Funcional

El análisis de correlación canónica señaló que la relación entre las especies y las variables físicoquímicas explica el 70,6% para los primeros tres ejes y el 30,7% de la varianza de la distribución de las especies. Las variables que presentaron alta correlación con el primer eje fueron pH y transparencia, para el segundo eje la profundidad y amonio y para el tercer eje la conductividad y sílice (Apéndice 8).

El análisis de CCA mostró que la Ciénaga de Paredes durante el período 2013-2014 presentó dos grupos claramente conformados: el primer grupo formado por las estaciones de los meses de febrero y mayo de 2014 presentó relación con el pH. En este grupo las mayores abundancias fueron del phylum Ochrophyta con especies como *Fragilaria sp1* y *Aulacoseira granulata*; también se encontraron otras morfoespecies como *Aulacoseira distans*, *Trachelomonas cf. volvocinopsis*, *Gymnodinium sp1* y *Phacus sp2* (Figura 13). El segundo grupo se formó con las estaciones de los meses de abril, junio, septiembre y octubre de 2013 presentó una mayor relación con las variables: oxígeno disuelto, transparencia, amonio, transparencia, sílice y temperatura superficial. Este grupo presentó las mayores abundancias del phylum Streptophyta representado por *Cosmarium sp1* y *Cosmarium sp2* y Cyanobacteria representado por *Dolichospermum sp1* y *Planktolyngbya sp1* (Figura 13). Las especies *Dictyosphaerium sp1*, *Dolichospermum sp1*, *Dolichospermum sp2*, *Coelastrum microporum*, *Anabaenopsis sp1* y *Caloneis sp1* se relacionaron con los mayores valores de conductividad.

Los mayores valores de SiO₂, oxígeno disuelto y profundidad se relacionaron con las mayores biomásas de *Dimorphococcus sp1*, *Staurodesmus patens*, *Tetrallantos sp1*, *Eutetramorus sp1*, *Pseudoanabaena sp1* y *Phacus sp6*.

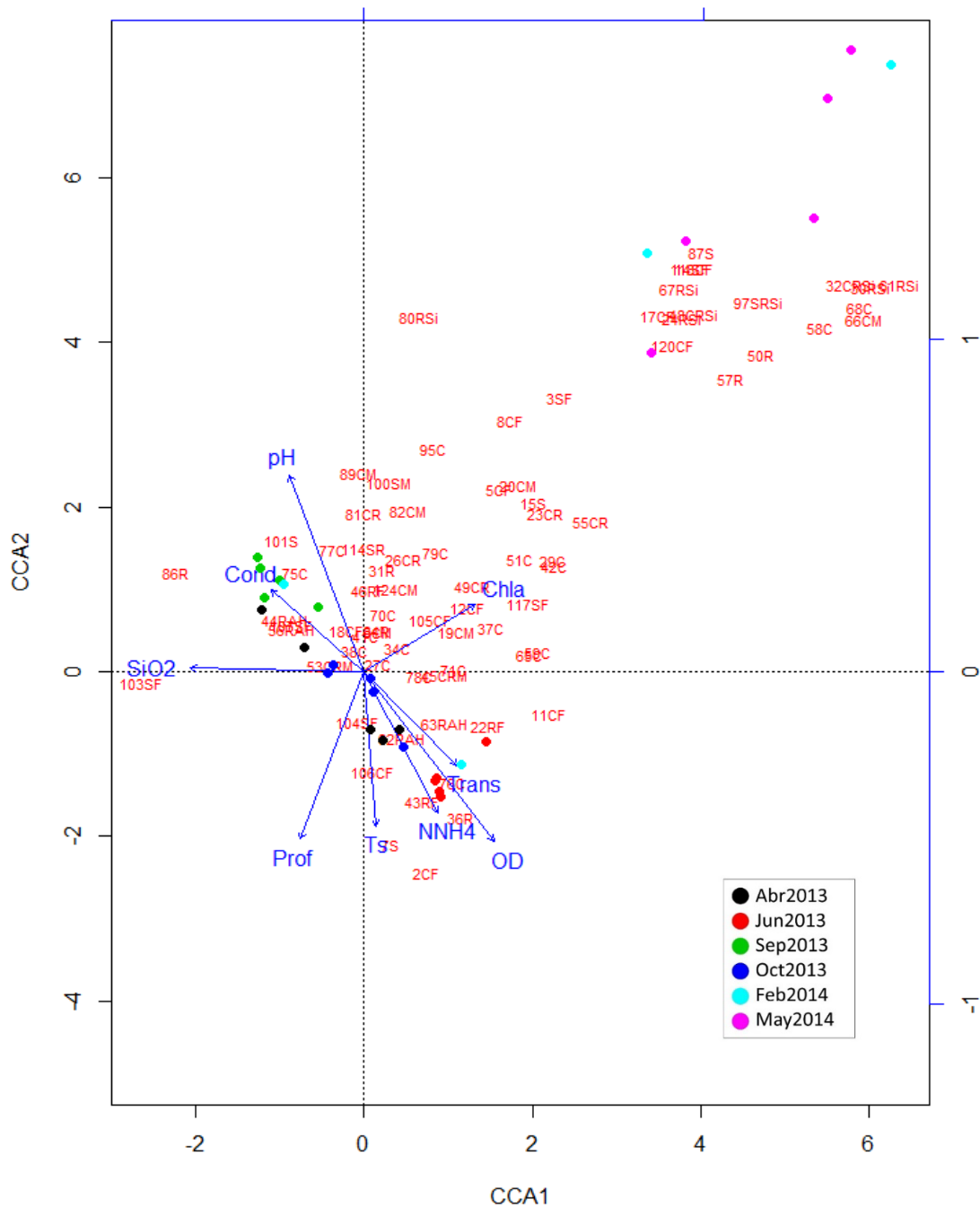


Figura 13. Análisis de Correspondencia Canónico para las variables fisicoquímicas y las estrategias de vida del fitoplancton presentes en la Ciénaga de Paredes (Santander). Los números corresponden al código asignado para cada especie (Apéndice 7). Ts: Temperatura superficial, Cond: Conductividad, OD: Oxígeno Disuelto, Prof: Profundidad, Trans: Transparencia, Chla: Clorofila *a*, NH_4 : amonio, SiO_2 : Sílice.

5. Discusión de Resultados

El régimen bimodal de lluvias observado en la ciénaga de Paredes durante el período 2013-2014 fue igual al que se presenta en otras ciénagas del Magdalena medio, con las mayores precipitaciones durante mayo y noviembre y las menores en enero y febrero (García y Dister, 1990; Plata-Díaz, 2000; Pava et al., 2006; Garzón et al., 2013 y Mojica-Figueroa et al., 2014).

Los valores de conductividad registrados para el período de muestreo indican un incremento en el contenido iónico y en los sólidos disueltos en la ciénaga de Paredes, estos valores fueron superiores a los registrados para la misma ciénaga por Barón-Rodríguez et al., (2006) durante el período 1998-1999. Estos autores reportaron valores mínimos de conductividad de 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y máximos de 32 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el presente trabajo los valores mínimos de conductividad fueron de 18 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los máximos de 120,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este incremento en la conductividad puede estar asociado con el incremento de la actividad antropogénica en la zona, debido al constante aporte de desechos orgánicos urbanos, domésticos e industriales y a los aportes por escorrentía provenientes de la actividad agrícola-ganadera en la zona (Kalff, 2002; Peña et al., 2005; Pinilla, 2010).

Aunque los valores de conductividad en el presente trabajo fueron superiores a los del período de 1998-1999 (Barón- Rodríguez et al., 2006), son inferiores a los que se han reportado para otras ciénagas del Magdalena (Pedraza, 1985; Viña et al., 1991; Ramírez y Viña, 1998; Cuartas, 1999; García y Dister, 1990; Ramos-Ortega et al., 2006; Roldan y Ramírez, 2008); o valores cercanos a los de este trabajo como lo reportado para la Ciénaga de San Silvestre, ciénaga que también hace parte del plano de inundación del Magdalena medio (Pava et al., 2006).

Las mayores conductividades encontradas en los meses de aguas en ascenso y aguas altas (abril, septiembre y octubre de 2013 y mayo 2014) son posiblemente debidas al aporte de iones de los afluentes (Quebrada la Gómez y Quebrada la Hoya) al sistema durante el período lluvias como lo han encontrado otros autores en otros sistemas acuáticos tropicales (Roldan y Ramírez, 2008; Salcedo-Hernández et al., 2012, Montoya-Moreno y Aguirre, 2013 y Torres-Bejarano et al., 2013). Sin embargo, para algunas ciénagas del Magdalena medio como Llanito y Chucuri durante 1998-1999 se ha observado un comportamiento contrario, donde las mayores conductividades se encontraron durante los períodos de aguas bajas o aguas en descenso (Plata-Díaz, 2000; Gavilán-Díaz, 2000).

Los valores de pH encontrados durante el presente estudio fueron similares a los encontrados para la Ciénaga de Paredes por Barón-Rodríguez et al., 2006, donde se observó una tendencia a la acidificación del agua durante el período de aguas altas y en aguas en ascenso. Los valores encontrados en el presente trabajo están en el rango observado para este tipo de ciénagas (Ramírez y Viña, 1998), sin embargo durante el 2011 para la misma ciénaga Mojica-Figueroa y colaboradores (2014) no reportaron valores inferiores de 6,1.

El descenso de pH durante la fase de inundación es el comportamiento que generalmente se ha observado para este tipo de ciénagas palustres. Esto puede estar relacionado con la alta descomposición que se produce cuando el bosque ripario se encuentra mayormente inundado y el aporte de ácidos húmicos que genera un aumento de la concentración de iones H^+ y como consecuencia el descenso del pH (Whittaker y Likens, 1973; Duque et al., 1997; Montoya-Moreno y Aguirre, 2013).

Las diferencias encontradas en la temperatura a lo largo del período de muestreo en la ciénaga de paredes, están en concordancia con los cambios en los períodos de insolación de la

zona siendo mayores en aguas bajas y aguas en descenso y menores en aguas altas y aguas en ascenso, igual a lo observado en otros sistemas tropicales (González et al., 2004; Salcedo-Hernández et al., 2012; Torres-Bejarano et al., 2013).

Los altos valores en la temperatura del agua durante el período de aguas bajas pudieron estar provocando la disminución de la solubilidad de gases, disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto y aumento en la solubilidad de sales (Whittaker and Likens, 1973; Wetzel, 2001; Peña et al., 2005); como se observó en la estación Quebrada la Gómez durante febrero de 2014, donde se registraron valores de anoxia en la columna de agua (0,3 – 0,5 mg/L). Esta estación presentó adicionalmente estancamiento de agua por la formación de una barrera de macrófitas y gran cantidad de materia orgánica en la columna de agua, lo que pudo contribuir de manera significativa a ocasionar este fenómeno de anoxia en la estación por el proceso de descomposición de las macrófitas (Roldan y Ramírez, 2008; Sánchez-Lobo y Criales-Hernández 2015).

Los perfiles de temperatura en la ciénaga de Paredes indican que al ser un sistema poco profundo, con poca estabilidad térmica y altas temperaturas de la columna de agua, este cuerpo de agua se puede clasificar como un sistema polimíctico cálido según lo planteado por Hutchinson y Loeffler (1956). Los frecuentes eventos de mezcla de la columna de agua impiden el agotamiento de nutrientes, favoreciendo la productividad primaria y por ende, el crecimiento de la comunidad fitoplanctónica (Roldan y Ramírez, 2008; Plata-Díaz, 2010).

Los valores de clorofila *a* en relación al estado trófico, indican que la ciénaga de Paredes corresponde a un sistema eutrófico, según la clasificación trófica para lagos cálidos tropicales elaborada por Salas y Martino (1990). Las concentraciones de clorofila *a* y oxígeno disuelto están indicando que hubo alta productividad primaria en la ciénaga de Paredes durante el periodo

estudiado 2013 - 2014, como se ha encontrado en otros sistemas tropicales (Smith, 1999; Bonilla, 2009; Hernández et al., 2011).

La ciénaga de Paredes es un sistema que durante el 2013-2014 presentó un cambio temporal en las variables de alcalinidad, dureza total y conductividad, variables que son determinadas por el contenido de iones y materia orgánica (Grafica 9), lo que sugiere que la temporalidad de este sistema dulceacuícola se ve afectada principalmente por los cambios en la química del agua (Junk, 1989; Roldan y Ramírez, 2008; Salas et al., 2011). La mineralización de los sistemas cenagosos se ha relacionado estrechamente con la conductividad y la alcalinidad, la relación entre estas dos variables guarda concordancia con la presencia principalmente de ácidos débiles como HCO_3^- en estos sistemas, como también puede estar ocurriendo la Ciénaga de Paredes (Roldan y Ramírez, 2008).

Con respecto a la comunidad fitoplanctónica, la mayoría de morfoespecies encontradas fueron organismos con estrategia C, que es lo que comúnmente se observa en otros ecosistemas similares, lo que se ha observado es que la disponibilidad de nutrientes beneficia el desarrollo de estas morfoespecies oportunistas, con pequeño tamaño, rápida reproducción y dispersión eficiente (Reynolds, 1997; Reynolds, 2002; Reynolds, 2006).

En otros cuerpos de agua dulceacuícolas se ha observado que las especies oportunistas suelen ser colonizadoras y presentan la mayor biomasa (Gómez et al., 2011; Mora; 2011; Nogueira, 2011; Salcedo-Hernández et al., 2012). Sin embargo, en el presente trabajo se encontró que la mayor biomasa estuvo representada por morfoespecies de estrategia R, durante todo el periodo de estudio, esto se puede deber a que las morfoespecies de esta estrategia son organismos filamentosos de gran tamaño que al presentar altos valores de MDL como por ejemplo, *Dolichospermum* spp, *Cylindrospermopsis* sp1, *Planktolyngbya* sp1, *Oscillatoria* spp,

Closterium sp1 y *Closterium* sp2, tienen eficacia en la evasión de los depredadores y por lo tanto pueden establecerse de manera exitosa en ambientes con condiciones de constante cambio (González, 1988; Zalocar de Domitrovic et al., 1998; Smayda, 1997; Mora, 2011, DeMott et al., 2004).

La baja dominancia y biomasa de especies con estrategia S encontrada en la ciénaga de Paredes puede deberse a que este no es un sistema con estabilidad térmica, puesto que el desarrollo de este tipo de especies se ha visto favorecido en condiciones de estabilidad térmica (Reynolds, 1988; Reynolds, 2006; Mora, 2011). Además, se ha observado que algunas de las especies que pertenecen a esta estrategia se han encontrado de manera dominante en ambientes que se caracterizan en tener deficiencias de luz y tienden a ser ambientes mesotróficos (Kruk et al., 2002).

Según Reynolds (1984) la presencia de especies que presentan características de estrategias intermedias CR, CS y RS, como lo encontrado en el presente estudio, es indicativo de la eficiencia en el uso de los recursos del medio y altas tasas de crecimiento de la comunidad fitoplanctónica fitoplancton. En otros sistemas tropicales se ha encontrado este mismo comportamiento, evidenciando que las especies fitoplanctónicas que comparten características morfológicas de dos tipos de estrategias pueden establecerse exitosamente en ambientes con condiciones de constante cambio (Mora, 2011; Gómez et al., 2011; Salcedo-Hernández et al., 2012).

La presencia de flagelo, que se identificó en tres de los cinco grupos de las estrategias adaptativas, es una estructura que permite evitar el hundimiento, movilidad de los organismos hacia lugares más o menos iluminados o con mayor concentración de nutrientes (Cullen, 1985; Villarino et al., 1995; Smayda, 1997; Figueroa et al., 1998; Kruk et al., 2010). En la clasificación

de Grupos Funcionales Basados en Morfología (GFMB) hecha por Kruk y colaboradores (2010) los organismos flagelados son divididos en tres grupos diferentes, el primero (GFMB I) agrupa organismos que tienen alta relación S/V con o sin flagelo presente, el segundo (GFMB V) agrupa organismos con flagelo de alta relación S/V y el tercero (GFMB VI) congrega organismos flagelados con presencia de sílice.

La presencia de sílice, que se identificó en cuatro de cinco grupos de estrategias adaptativas, es un rasgo que concede ventaja a los organismos frente al pastoreo. Los organismos síliceos son agrupados por Kruk y colaboradores (2010) únicamente en un grupo (GFMB VI), este grupo está compuesto por individuos carentes de motilidad, que tienen altas tasas de hundimiento, por esto se ven favorecidos por la mezcla que les permite resuspenderse para permanecer en la zona eufótica (Padisák et al., 2003).

La presencia de mucilago, que se identificó en tres de los cinco grupos de estrategias adaptativas, permite a los organismos reducir su relación S/V, aumentar el almacenamiento, les brinda capacidad de flotación y es un mecanismo de defensa contra la predación (Reynolds 1988; Reynolds 2006 Reynolds et al., 2007). En la clasificación GFMB este rasgo se puede encontrar para organismos de tres grupos, en los GFMB I y III el mucilago puede o no estar presente y en el GFMB VII el mucilago siempre se encuentra presente (Kruk et al., 2010).

La presencia de aerótopos, que se identificó únicamente en la estrategia adaptativa R, permite a los organismos regular la posición vertical en la columna de agua, brindándoles acceso a estos organismos a capas superficiales más iluminadas y a capas más profundas ricas en nutrientes (Reynolds, 1987; Oliver y Ganf 2000; Reynolds et al., 2007). Según la clasificación de Kruk y colaboradores (2010) este rasgo se puede encontrar en tres grupos, en los GFMB I y VII

los aerótopos pueden o no estar presentes y en el GFBM III los aerótopos siempre se encuentran presentes.

La presencia de heterocistos, que se identificó únicamente en la estrategia adaptativa R, permite a los organismos la fijación de nitrógeno atmosférico (Gallon et al., 1975). Kruk y colaboradores (2010) no utilizaron este rasgo para clasificación los organismos fitoplanctónicos debido a que puede estar presente o ausente según las condiciones del medio (Litchman et al., 2003).

La ciénaga de Paredes se caracterizó por la presencia de una comunidad fitoplanctónica durante el periodo de estudio con la dominancia de morfoespecies que tienen alta relación S/V (estrategas C), los cuales presentaron otros rasgos morfológicos como la presencia mucilago, flagelos y algunas células especializadas como aerótopos y heterocistos (Tabla 4). Estas características de los organismos fitoplanctónicos encontrados en la ciénaga de Paredes también se han reportado para otros sistemas someros, turbios y cálidos de Colombia. Evidenciando que existen diferencias morfológicas de los organismos fitoplanctónicos condicionadas al origen, la tipología y la hidroclimatología del cuerpo de agua estudiado (Reynolds et al., 2002; Hernández-Atilano et al. 2012).

El cambio de las especies dominantes entre el 2013 y el 2014 que se observó (Figura 11) podría ser causado por algún cambio a mediana escala, como una perturbación ambiental, esto se ha encontrado en otros trabajos en donde las perturbaciones generan cambios sucesionales tempranos en la comunidad fitoplanctónica (Moustaka-Gouni, 1993; Olrik y Nauwerck, 1993; Sommer et al., 1993; Harris, 2012).

A partir del ACC se encontró que las variables fisicoquímicas, la biomasa y las especies dominantes fueron contrastantes entre el 2013 y 2014, lo que explica la formación de los dos grupos en este análisis. Además, en el ACC no se diferencian los periodos de aguas bajas, aguas altas, aguas en ascenso o aguas en descenso, esto puede ser debido a que la estrategia adaptativa C fue la que presentó mayor número de morfoespecies para todo el periodo de estudio, por lo cual no se presenta agrupación ni una relación evidente entre las variables fisicoquímicas y la morfología funcional del fitoplancton a lo largo del pulso de inundación.

6. Conclusiones

La ciénaga de Paredes presentó 137 especies de fitoplancton, que pertenecen a cinco estrategias adaptativas (C, R, S, CR y SR) para el período de 2013-2014.

El mayor número estrategias C, la alta biomasa de estrategias R y la presencia de estrategias intermedios muestran que las propiedades físicas de la ciénaga de Paredes son fuertes determinantes en la dinámica del fitoplancton.

Las estrategias intermedias CR y SR se encontraron en todo el período de muestreo indicando una eficiencia en el uso de los recursos y adaptabilidad de la comunidad en este ecosistema.

La comunidad fitoplanctónica permanece homogénea a lo largo del año, no se diferenciaron grupos fitoplanctónicos entre las épocas del pulso de inundación, debido quizá a que la estrategia adaptativa C fue la que presentó mayor número de morfoespecies durante todo el periodo de estudio.

En el presente estudio se encontró que en la ciénaga de Paredes las variables fisicoquímicas responsables de los cambios en la columna de agua durante el pulso de inundación 2013-2014 fueron la cantidad de iones disueltos (conductividad), el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto y el amonio.

Las estrategias de vida encontradas en la ciénaga de Paredes evidencian que se presenta una continua disponibilidad de recursos a lo largo del pulso de inundación, debido a los aportes de los caños que alimentan esta ciénaga y juegan un papel importante en la estabilidad del ecosistema.

7. Recomendaciones

Se recomienda que en futuros trabajos se incluya la medición de otras variables como duración y cantidad de descarga de los afluentes durante un pulso de inundación.

Conocer las perturbaciones que existen en cada punto de colecta a lo largo del muestreo para encontrar la relación que pueden tener los factores externos en la morfología funcional del fitoplancton.

Continuar con un monitoreo en la ciénaga que permita dilucidar cuales son los patrones de cambio y posibles factores que afecten la dinámica de la comunidad fitoplanctónica durante el pulso de inundación.

Se recomienda continuar con los estudios de morfología funcional estableciendo los grupos funcionales de fitoplancton para este tipo de sistemas.

Referencias Bibliográficas

- Anderson D, Gilbert P, Burkholder JM. (2002). Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient source, composition, and consequences. *Estuaries* 25: 704-726.
- Arias, P. (1985). Las ciénagas en Colombia. *Revista Divulgación Pesquera*. 22, pp. 39-70.
- APHA, AWWA y WEF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. *Standard Methods*, pp.541.
- Barber, H.G. y Haworth, E.Y. (1981). A guide to the morphology of the diatom frustule. *Freshwat. biol. Assoc. Scient. Pub.* 44, pp 112.
- Barón, M., Gavilán-Díaz, R.A. y Ramírez, J. (2006). Variabilidad espacial y temporal en la comunidad de cladoceros de la Ciénaga de Paredes (Santander, Colombia) a lo largo de un ciclo anual, *Limnética*, 25(3), pp.623–636.
- Borcard, D., Gillet, F., Legendre P. 2011. *Numerical Ecology with R*. Springer, New York
- Bonilla, S. (2009). Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Documento técnico PHI-LAC, (16).
- Bovo-Scomparin, V. M., Borges, P. A. F., Train, S., y Rodrigues, L. C. (2005). Xanthophyceae planctônicas da planície de inundação do alto rio Paraná. *Acta Scientiarum*, Maringá, 27(1), pp. 9-20.
- Castellanos, C. (2006). Los Ecosistemas de humedales en Colombia, pp.1–5.
- Capblancq, J. y Catalan, J. (1994). Phytoplankton: which, and how much?. *Limnology now*. A paradigm of planetary problems. Elsevier, pp. 9-31.
- Comas, A. (1996). Las Chlorococcales Dulceacuícolas de Cuba. *Bibliotheca Phycologica*.

- Costa, L.S., Huszar, V.L.M. y Ovalle, R. (2009). Phytoplankton Functional Groups in a Tropical Estuary: Hydrological Control and Nutrient Limitation. *Estuaries and Coasts*, 32(3). pp.508–521.
- Cox, E. (1996). Identification of freshwater diatoms from live material. 1st edition. Chapman y Hall. Oxford, pp. 156.
- Criales-Hernández, M.I. y Jerez-Guerrero, M. (2015). Primer registro de *Utricularia foliosa* L. (Lentibulariaceae) y su espectro alimentario para la Ciénaga de Paredes, Santander, Colombia. *Actualidades Biológicas*. pp.45–51.
- Cuartas, J. (1999) Caracterización fisicoquímica y productividad fitoplanctónica de la Ciénaga de Guarinocito (Caldas, Colombia). Tesis M.Sc. Universidad de los Andes Santa Fe de Bogotá, Colombia. pp. 93.
- Cullen, J. (1985). Diel vertical migration by dinoflagellates: roles of carbohydrate metabolism and behavioral flexibility. *Contribution in Marine Science* 27: 135-152.
- De Domitrovic, Y. Z. (2003). Effect of fluctuations in water level on phytoplankton development in three lakes of the Paraná river floodplain (Argentina). *Hydrobiologia*, 510(1-3), pp. 175-193.
- Devercelli, M. (2010). Changes in phytoplankton morpho-functional groups induced by extreme hydroclimatic events in the Middle Paraná River (Argentina). *Hydrobiologia*, 639(1), pp. 5-19.
- De Emiliani, M. O. G. (1997). Effects of water level fluctuations on phytoplankton in a river-floodplain lake system (Paraná River, Argentina). *Hydrobiologia*, 357(1-3), pp. 1-15.

- De Melo, S., y Huszar, V. L. M. (2000). Phytoplankton in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Brasil): diel variation and species strategies. *Journal of Plankton Research*, 22(1), pp. 63-76.
- DeMott, W.R, Pape B.J, Tessier A.J. (2004). Patterns and sources of variation in *Daphnia* phosphorus content in nature. *Aquat Ecol* 38:433–440.
- De Oliveira, M. D., y Calheiros, D. F. (2000). Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. *Hydrobiologia*, 427(1), pp. 101-112.
- Ducharmé, A. (1975). Informe técnico de biología pesquera (Limnología). INDERENA - FAO 4, pp. 1-42.
- Duque, S. R., Ruiz, J. E., Gómez, J., y Roessler, E., (1997). “Limnología”. En: igac (eds.). Zonificación ambiental para el plan modelo Colombo-Brasilero (Aparoris-Tabatinga): pat., Bogotá: Editorial Linotipia Bolívar. pp. 69-134
- Ettl, H. (1983). Chlorophyta: I Phytomonadina. Stuttgart: G. Fischer.
- Figueroa F, Niell F, Figueiras F, Villarino M. (1998). Diel migration of phytoplankton and spectral light field in the Ría de Vigo (NW Spain). *Marine Biology* 130: 491-499.
- Figueredo, C.C. y Giani, A. (2009). Phytoplankton community in the tropical lake of Lagoa Santa (Brazil): Conditions favoring a persistent bloom of *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Limnologica*, 39(4), pp.264–272.
- Gallon, J.R., W.G.W. Kurz, y T.A. LaRue. (1975). The physiology of nitrogen fixation by a *Gloeocapsa* sp. pp. 159-173. In: W.D.P. Stewart, Editor. Nitrogen Fixation by Free-living Micro-organisms. Academic, New York.

- García, C. y Dister, E. (1990). Operación El Dorado : Restauración y conservación de hábitats de la planicie de inundación del medio-bajo Magdalena, pp.396–410.
- Garzón, N.V. y Gutiérrez, J.C. (2013). *Deterioro de humedales en el Magdalena medio: Un llamado para su conservación*, pp. 145.
- Gavilán-Díaz, R. A. (2000). Limnología comparativa de três lagoas neotropicais da bacia do Magdalena medio santandereano (Colombia), com ênfase no estudo da diversidade da comunidade zooplantônica e sua relação com a dinâmica hidrológica do sistema regional. Universidade Federal de São Carlos-SP (Brasil), pp. 250.
- Gómez, M., Rivera R, C., Duque, S., Andrade, C. y Rodríguez C. (2011). Analisis Temporal y espacial del Fitoplancton en el sistema de lagos Yahuaraca, planicie de inundación del río Amazonas (Leticia - Colombia). *Investigacion y Ciencia del Gimnasio Campestre*, pp.6–27.
- González, de I. A., (1988). El plancton de las aguas continentales. Washington D.C. Secretaría general de la Organización de los Estados Americanos.
- González, E. J., Ortaz, M., Peñaherrera, C. y Matos, M. L. (2004). Fitoplancton de un embalse tropical hipereutrífico (Pao-Cachinche, Venezuela): abundancia, biomasa y producción primaria. *Interciencia*, pp. 548-555.
- Gonzalez S. M. y Inostroza D. (2017). Manual taxonómico y fotográfico de géneros fitoplanctónicos (excl. Diatomeas) de 7 lagunas del Gran Concepción, Concepción, Chile. 172 págs.
- Grime, J. P. (1977). Evidencie for the existence of three primary strategies in plants and

- relevance to ecological and evolutionary theory. *The american naturalist*, 111 (982), 1169-1194.
- Harris, G. (2012). *Phytoplankton ecology: structure, function and fluctuation*. Springer Science y Business Media.
- Hernández, E., Aguirre, N. J., y Palacio, J. A. (2011). Relación entre la determinación del pigmento Clorofila a y el Biovolumen geométrico algal en un lago de planicie de inundación (Ciénaga de Ayapel, Córdoba-Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (60), 159-169.
- Hernández-Atilano, E., Aguirre-Ramírez, N. J., Palacio-Baena, J. A., Ramírez-Restrepo, J. J., Duque-Escobar, S., Guisande-González, C., y Mogollón, M. (2012). Rasgos morfológicos del fitoplancton en seis sistemas leníticos de las regiones amazónica, andina y caribe de Colombia. *Actualidades Biológicas*, 34(96), pp. 67.
- Hillebrand, H., Dürselen, C. D., Kirschtel, D., Pollinger, U., y Zohary, T. (1999). Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of phycology*, 35(2), pp. 403-424.
- Holdridge, L. R. (2000). *Ecología basada en zonas de vida* (No. 83). Agroamérica.
- Horne, A. J., y Goldman, C. R. (1994). *Limnology*. New York: McGraw-Hill.
- Huber-Pestalozzi, G. (1955). *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und biologie*. 4. Teil. Euglenophyceen. In: *Die Binnengewässer...Band 16, 4. Teil*. (Thienemann, A. Eds), pp. [i]-ix, 1-606. Stuttgart: E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).
- Huszar, V.L. y Caraco, N. (1998). The relationship between phytoplankton composition and

- physical–chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological–functional descriptors in six temperate lakes. *Freshwater Biology*, 40(4), pp. 679-696.
- Hutchinson, George E., y Heinz Löffler. (1956). The thermal classification of lakes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 42.2. pp. 84-86.
- Iglesias-Rodríguez D, Brown C, Scott C, Doney C, Kleypas J, Kolber D, Kolber Z, Hayes P, Falkowski P. (2002). Representing key phytoplankton functional groups in ocean carbon cycle models: Coccolithophorids. *Global biogeochemical cycles* 16 1100.
- Junk, W. J., Bayley, P. B., y Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, pp. 110-127.
- Junk, W. J., y Wantzen, K. M. (2004). The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications-an update. In *Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries*. Food and Agriculture Organization and Mekong River Commission, FAO Regional Office for Asia and the Pacific, pp. 117-149.
- Mojica-Figueroa, B. H., Arévalo-González, K., González, F. A., y Murillo, J. (2014). Caracterización de la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Trichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio, Santander, Colombia. *Biota Colombiana*, 15(1), 174-187.
- Kalff, J., 2002. *Limnology*. Prentice Hall, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
- Kapetsky, J., J. Escobar, P. Arias y M. Zárate. (1982). Algunos aspectos ecológicos de las ciénagas del plano inundable del Magdalena. Proyecto para el desarrollo de la pesca continental. INDERENA-FAO, pp. 2-7.

- Komárek, J. (1974). The morphology and taxonomy of crucigenoid algae (Scenedesmaceae, Chlorococcales). *Archiv für Protistenkunde* 116: 1-74.
- Komárek, J. (1983). Contributions to the Chlorococcal algae of Cuba. *Nova Hedwigia* 37: 65-180.
- Komárek, J. y Anagnostidis, K. (1999). Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. In: H. Ettl; G. Gärtner; H. Heynig y D. Mollenhauer (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, Gustav Fischer.
- Komárek, J. y Anagnostidis, K. (2005). Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales, pp. 1-759. In: B. Bridel; G.L. Gastner y M.S. Krienitz (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 19/2. London, Elsevier.
- Komárek, J. y Foot, B. (1983). Das Phytoplankton des Süßwassers Systematik und Biologie. 7. Teil: Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales, pp. 1-1044. In: H.J. Elster y W. Ohle (eds.). *Die Binnengewässer*. Stuttgart, Begründet von August Thienemann.
- Kruk, C., N. Mazzeo, G. Lacerot, and C.S. Reynolds. (2002). Classification schemes for phytoplankton: A local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. *Journal of Plankton Research* 24(9): 901–912.
- Kruk, C., Huszar, V. L., Peeters, E. T., Bonilla, S., Costa, L., Lürling, M., y Scheffer, M. (2010). A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology*, 55(3), pp. 614-627.
- Kruk, C., Peeters, E. T. H. M., Van Nes, E. H., Huszar, V. D. M., Costa, L. S., y Scheffer, M. (2011). Phytoplankton community composition can be predicted best in terms of

- morphological groups. *Limnology and Oceanography*, 56(1), pp. 110-118.
- Kruk, C. y Segura, A.M. (2012). The habitat template of phytoplankton morphology-based functional groups. *Hydrobiologia*, 698(1), pp.191–202.
- Le Quéré C, Harrison S, Prentice C, Buitenhuis E, Amount O, Bopp L, Claustre H, Cotrim DaCunha L, Geider R, Giraud X, Trevor Platt R, Rivkin R, Sathyendranath S, Uitz J, Watson A, Gladrow D. (2005). Ecosystem dynamics based on plankton functional types for global ocean biogeochemistry models. *Global Change Biology* 11: 2016–2040.
- Lewis, W. (1983). A Revised Classification of Lakes Based on Mixing. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40, pp.1779–1787.
- Litchman E., Steiner D. y Bossard P. (2003). Photosynthetic and growth responses of three freshwater algae to phosphorus limitation and daylength. *Freshwater Biology*, 48, 2141–2148.
- Loverde-Oliveira, S. M., y Huszar, V. L. M. (2007). Phytoplankton ecological responses to the flood pulse in a Pantanal lake, Central Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19(2), pp. 117-130.
- Lund, J., Kipling, C., y Le Cren, E. (1958). The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, 11(2): 143-170.
- Margalef, R. (1978). Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica acta*, 1(4), pp. 493-509.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona (España): Ediciones Omega, S. A. p. 351.

- Montoya, Y. y Aguirre, N. (2009). Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables
State of the art of limnology and flood plain lakes (swamps) in Colombia. *Revista
Gestión y Ambiente*, 12(3), pp.85–105.
- Montoya-Moreno, Y. y N. Aguirre. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en
Colombia. *Revista Gestión y Ambiente* 16 (3): 91-117.
- Mora, P. (2011). Comparación de la morfología funcional del fitoplancton y su relación con
factores físicos y químicos en el primer período del 2007 y 2011, en el tercio alto del
Humedal Juan Amarillo.
- Moustaka-Gouni, M. (1993). Phytoplankton succession and diversity in a warm monomictic,
relatively shallow lake: Lake Volvi, Macedonia, Greece. *Hydrobiologia* 249: 33-42.
- Nogueira, L. (2011). Determinación de grupos morfo-funcionales fitoplanctónicos en el Río de la
Plata. Tesis de pregrado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias.
- Oliver, R., Ganf, G. (2000). Freshwater blooms in Whitton B, Potts M, eds. *The Ecology of
Cyanobacteria*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.
- Olrik, K., Nauwerck, A. (1993). Stress and disturbance in the phytoplankton community of a
shallow, hypertrophic lake. *Hydrobiologia* 249: 15-24.
- Padisák, J., Soróczki-Pintér, É., Rezner, Z. (2003). "Sinking properties of some phytoplankton
shapes and the relation of form resistance to morphological diversity of plankton—an
experimental study" *Hydrobiologia*. 500:243-257.
- Parra, O., Gonzales, V., Rivera P., y Orellana M. (1982a). Manual taxonómico del fitoplancton
de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile I. Cyanophyceae.

- Universidad de Concepción. Chile.
- Parra, O., Gonzales, V., Rivera P., y Orellana M. (1982b). Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile II. Crysophyceae. Universidad de Concepción. Chile.
- Parra, O., Gonzales, V., Rivera, P., y Orellana, M. (1982c). Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile III. Cryptophyceae-Dinophyceae-Euglenophyceae. Universidad de Concepción. Chile.
- Parra, O., Gonzales, V., Rivera, P., y Orellana, M. (1983a). Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile V. Chlorophyceae. Parte I, Volvocales. Universidad de Concepción. Chile.
- Parra, O., Gonzales, V., Rivera, P., y Orellana, M. (1983b). Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile V. Chlorophyceae. Parte II, Zygnematales. Universidad de Concepción. Chile.
- Patrick, R.M. y Reimer, C.W. (1966). The Diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii, V. 1. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 13.
- Pava, E., Carrasquilla, J., y López, W. (2006). Caracterización de la comunidad fitoplanctónica de un plano de inundación del río Sogamoso en la cuenca media del río Magdalena (Ciénaga de San Silvestre, Colombia). *Intropica*, 3, 43.
- Pedraza, G.S. (1985). Estructura de la comunidad fitoplanctónica de las Ciénagas de Chucurí y Aguas Negras. Tesis de pregrado. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 220 p.

- Peña, E. J., Palacios, M. L., y Ospina-Álvarez, N. (2005). Algas como indicadoras de contaminación. Programa editorial Universidad del Valle, Cali.
- Pinilla, G.A. (2004). Ecología del fitoplancton en un lago amazónico de aguas claras (Lago Boa, Caquetá Medio). Universidad del Valle, Cali.
- Pinilla, G. (2010). An index of limnological conditions for urban wetlands of Bogota city, Colombia. *Ecological Indicators*, 10(4), 848-856.
- Plata-Díaz, Y. (2000). Distribución horizontal, biomasa y productividad primaria de la comunidad fitoplanctónica de la ciénaga de Chucurí (Santander, Colombia). Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Plata- Díaz, Y. (2010). Factores que determinan la variabilidad del fitoplancton en ciénagas de la depresión momposina. *Ct Y F - Ciencia, Tecnologia Y Futuro* ISSN: 0122-5383 ed: ECOPETROL. v.4 fasc.N/A p.105 - 122
- RStudio Team (2017). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Ramos-Ortega, L.M., E. Fontalvo y W. López. 2006. Aproximación a las condiciones limnológicas de un plano del bajo río Magdalena durante un ciclo diario. *Revista Intropica*. 3(1): 70-84
- Ramírez, A. y Viña, G. (1998). Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Reynolds, C.S. (1984). Phytoplankton periodicity: the interaction of form, function and environmental variability. *Freshwater Biology*, 14, pp.111–142.

- Reynolds, C.S. (1987). The response of phytoplankton communities to changing lake environments. *Swiss journal of hydrology*, 49(2), 220-236.
- Reynolds, C.S. (1988). Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton. , pp.369–386.
- Reynolds, C.S. (1994). The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. *Hydrobiologia*, 289(1-3), pp.9–21.
- Reynolds C.S. (1997). Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. Oldendorf/Luhe (Alemania): Ecology Institute. p. 371.
- Reynolds, C., V. Huszar, C. Kruk, C. Nasseli, L. Melo. (2002). Towards a functional classification of the Biota freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 2 (5): 417-428.
- Reynolds, C.S. (2006). The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press.
- Reynolds, J. F., Smith, D. M. S., Lambin, E. F., Turner, B. L., Mortimore, M., Batterbury, S. P., . y Huber-Sannwald, E. (2007). Global desertification: building a science for dryland development. *science*, 316(5826), 847-851.
- Ríos-Pulgarín, M. I., Jiménez-Segura, L. F., Palacio, J. A., y Ramírez Restrepo, J. J. (2008). Comunidad de peces en la Ciénaga de Ayapel, Río Magdalena (Córdoba) Colombia: cambios espacio-temporales en su asociación. *Actualidades Biológicas*, pp. 29-53.
- Roldán, G. y Ramírez, J.J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Segunda edición, p.440.
- Rstudio, (2017). Development Core Team R: a language and environ- ment for statistical

computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

Salas, H. J., y Martino, P. (1994). Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales. In Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 24. CEPIS.

Sala, S. E., Vouilloud, A. A., Plata-Díaz, Y., Pedraza, E., y Pimienta, A. (2015). Taxonomía y distribución de diatomeas epilíticas registradas por primera vez en Colombia. I. Caldasia, 37(1), 125-141.

Salcedo-Hernández, M. J., Duque, S. R., Palma, L., Torres-Bejarano, A., Montenegro, D., Bahamón, N. y Alba, A. P. (2012). Ecología del fitoplancton y dinámica hidrológica del sistema lagunar Yahuaraca, Amazonas, Colombia: Análisis integrado de 16 años de estudio. *Mundo Amazónico*, 3, pp.9–41.

Salmaso, N. y Padisak, J. (2007). Morpho-Functional Groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany). *Hydrobiologia*, 578(1), pp.97–112.

Sanchez-Lobo, D. y Criales-Hernández, M.I. (2015). Estudio comparativo de la comunidad fitoplanctónica en la Ciénaga de paredes y su relación con las condiciones hidrológicas durante fenómeno del niño 1998 y un período normal 2013. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. , pp.1–374.

Sanchez-Lobo, D. y Criales-Hernández, M.I. (2016). Estudio comparativo de la comunidad fitoplanctónica en la Ciénaga de paredes y su relación con las condiciones hidrológicas durante fenómeno del niño 1998 y un período normal 2013. Informe final proyecto 5715. Universidad Industrial de Santander.

- SIPA. (2011). Sistema de información de pesca y acuicultura. BOLETIN MENSUAL MAYO, pp.69 – 91.
- Smayda, T.J. (1997). Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnol. Oceanogr.* 42:1137–53
- Smith, V. H., Tilman, G. D., y Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental pollution*, 100(1), 179-196.
- Sommer, U., Padisak, J., Reynolds, C. S. y Juhasz-Ngy, P. (1993). Hutchinson's heritage: the diversity- disturbance relationship in phytoplankton. *Hydrobiologia* 249: 1-7,.
- Solano, D.C. (2005). Cambios temporales y morfología funcional de la comunidad fitoplanctónica en un lago andino (Laguna de Guatavita, Cundinamarca). Tesis Maestría, Universidad Javeriana, Bogotá. 168 pp.
- Sournia, A. (1978). *Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographic Methodology* 6. UNESCO, Paris.
- Starmach, K. (1983). *Euglenophyta - Eugleniny. Vol. 3 pp. 594.* Warszawa: Panstwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Starmach, K. (1985). *Chrysophyceae und Haptophyceae (Süßwasserflora von Mitteleuropa, begründet von A. Pascher, Band 1).* 515 S.
- Sun, J. y Liu, D. (2003). Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, pp.1331–1346.
- Tell, G. y Conforti, V. (1986). *Euglenophyta pigmentadas de la Argentina.* Facultad de Ciencias

- Naturales de la UBA. Buenos Aires. 301 pp.
- ter Braak, C. J. F. y P. Smilauer, 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA).
- Torres-Bejarano, A. (2006). Ecología funcional del fitoplancton en el sistema de lagos Yahuaraca (Leticia-Amazonas). Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá).
- Torres-Bejarano, A. M., Duque, S. R., y Caraballo-Gracia, P. R. (2013). Heterogeneidad espacial y temporal de las condiciones físicas y químicas de dos lagos de inundación en la Amazonia colombiana. *Actualidades Biológicas*, 35(98), 63.
- Tozzi, S., Schofield, O., y Falkowski, P. (2004). Historical climate change and ocean turbulence as selective agents for two key phytoplankton functional groups. *Marine Ecology Progress Series*, 274, 123-132.
- Tyler, J. (1968). The Secchi disc. *Limnology and Oceanography*, pp.1-6.
- Utermöhl, H. (1958). Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mitt. int. Ver. theor. angew. Limnol.*, 9, 1-38.
- Vilardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J. y Aponte, C. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al Page 14. 91.
- Villarino M, Figueiras F, Jones K. (1995). Evidence of in situ diel vertical migration of a red-tide microplankton species in Ria de Vigo (NW Spain). *Marine Biology* 123: 607-617.

- Viña, G; A. Ramírez; L. Lamprea; B. Garzón; U. Shmidt-Mumm; E. Rondón y C. Flórez. (1991). Ecología de la Ciénaga de Zapatosa y su relación con un derrame de petróleo. ECOPETROL. Distrito Caño: Limón Coveñas, Cúcuta, Colombia. 130p.
- Webb, C. O., Ackerly, D. D., McPeck, M. A., y Donoghue, M. J. (2002). Phylogenies and community ecology. *Annual review of ecology and systematics*, 475-505.
- Wetzel, R (2001). *Limnology, lake and river ecosystems*. 3rd edition. Academic Press. pp. 1006.
- Wetzel, R. y Likens, E. (2000). *Limnological Analyses*. Second edition. Springer- Verlag. New York. 429 pp.
- Whittaker, R. H., y Likens, G. E. (1973). Carbon in the biota. In *Brookhaven symposia in biology*, pp. 281-302.
- Winemiller K. (2004). Floodplain river food webs: generalization and implications for fisheries management. En: Welcomme RL, Petr T, editores. *Proceeding of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries*. Vol. 2. Camboya: Phnom Penh, pp. 285-331.
- Zalocar de Domitrovic, Y., Asselborn, V. M., y Casco, S. L. (1998). Variaciones espaciales y temporales del fitoplancton en un lago subtropical de Argentina. *Revista Brasileira de Biología*, 58, 359-382.
- Zárate, M. y Cubiles, A. (1977). Estudio ecológico de la orilla de las ciénagas del plano inundable del río Magdalena. Trabajo de grado. Fundación Universidad de Bogotá, Colombia, pp. 36.

Apéndices

Apéndice 1. Valores Totales Medios de Niveles (MM) y Profundidad (M). Datos Tomados del IDEAM estación Paredes.

Mes/Año	Nivel caudal (mm)		Profundidad (m)	
	2013	2014	2013	2014
Enero	359	401	-	-
Febrero	415	393	-	1,3
Marzo	447	482	-	-
Abril	443	420	2,4	-
Mayo	560	540	-	3,5
Junio	461	430	3,2	-
Julio	403	389	-	-
Agosto	423	370	-	-
Septiembre	430	429	3,1	-
Octubre	478	463	3,3	-
Noviembre	496	514	-	-
Diciembre	518	451	-	-

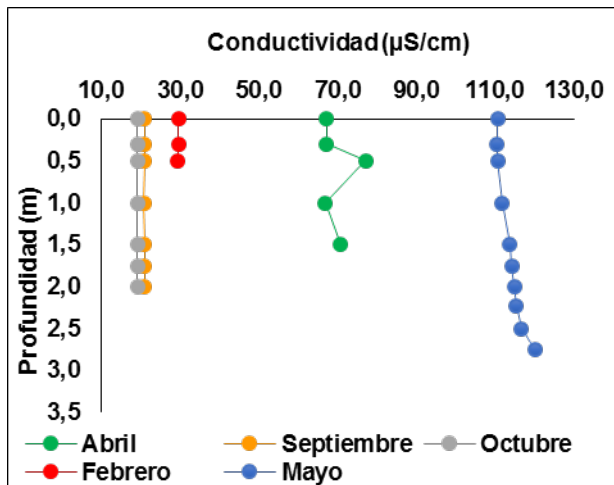
MORFOLOGÍA FUNCIONAL DEL FITOPLANCTON

Apéndice 2. Valores de Variables Físicoquímicas y Nutrientes para las 5 Estaciones Durante el Periodo 2013 – 2014 en la Ciénaga de Paredes. Ts: Temperatura Superficial, Cond: Conductividad, OD: Oxígeno Disuelto, Prof: Profundidad, Trans: Transparencia Disco SECCHI, Norg: Nitrógeno Orgánico, NH4: Amonio, DT: Dureza Total, Alc: Alcalinidad, NO3: Nitratos, SiO2: SILICE, Chla: Clorofila *a*.

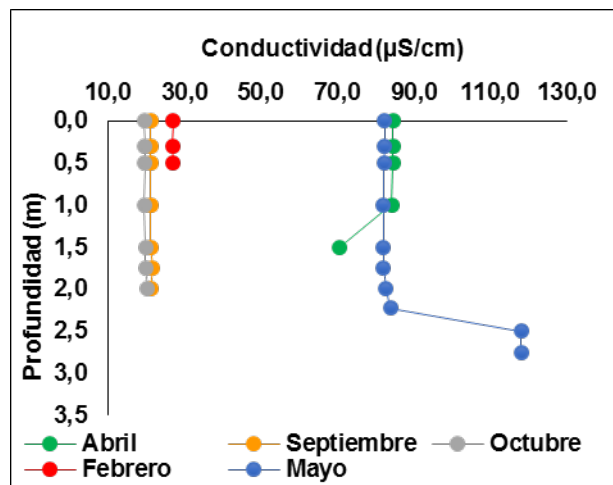
Estación	Fecha	Ts (°C)	Cond (µS/cm)	OD (mg/L)	pH	Prof (m)	Trans (m)	Norg (mg/LN)	NH4 (mg/LN-NH3)	DT (mg/lCaCO3)	Alc (mg/CaCO3/L)	NO3 (mgNO3-N/L)	SiO2 (mg/LSiO2)	Chla (mg/m ³)
Caño Peruwano	Abr2013	30,6	67,2	5,85	6,30	2,1	0,58	4,46	0,3	28	19,8	0,05	28	13,48
	Jun2013	30,6	-	7,15	5,12	2,5	1,26	4,96	0,36	10	5	0,189	20	15,98
	Sep2013	30,0	21,0	6,42	6,76	2,4	0,83	4,28	0,22	8	5,2	0,55	12	9,55
	Oct2013	29,9	19,2	7,54	7,24	3,47	0,42	6,1	0,16	13	7	0,042	14	7,33
	Feb2014	30,2	29,6	7,38	7,35	1,15	0,58	2,56	0,28	12	6	0,06	10	14,24
	May2014	29,5	110,6	6,89	7,22	3,35	0,63	2,57	0,17	82	32	0,06	3	12,00
Rincón de la Hoya	Abr2013	31,7	84,5	6,84	6,64	2,8	0,70	3,36	0,28	46	25,2	0,05	14	15,63
	Jun2013	30,6	-	5,61	5,5	2,75	1,10	12,23	1,21	10	5	0,069	10	10,04
	Sep2013	30,5	21,31	6,07	6,9	3,24	0,86	2,17	0,31	8	5	0,51	10	13,80
	Oct2013	30,6	19,62	6,73	7,04	3,38	0,40	7,53	0,13	11	7	0,038	13	21,29
	Feb2014	30,8	27,1	6,51	6,96	1	0,71	2,84	0,22	10	5	0,05	13	122,70
	May2014	29,5	82,4	7,24	7,28	3,35	0,84	3,21	0,17	80	22	0,05	0,2	13,75
Centro Ciénaga	Abr2013	31,9	56,5	7,48	6,61	3	0,67	3,46	0,18	28	14,8	0,05	7	10,86
	Jun2013	31,7	-	7,88	5,93	3	1,00	6,35	0,65	20	5,4	0,05	11	5,96
	Sep2013	30,5	20,54	7,35	6,83	3,25	0,83	3,95	0,25	10	5	0,05	11	7,06
	Oct2013	30,5	19,73	6,64	6,98	3,65	0,43	8,39	0,1	11	6	0,013	12	36,98
	Feb2014	33,2	32,5	7,79	9,49	1,2	0,71	1,24	0,22	11	5	0,05	9	15,74
	May2014	29,4	88,6	5,65	7,1	3,62	0,77	1,85	0,2	82	26	0,05	5	11,39
Quebrada la Gómez	Abr2013	33,3	56,5	-	7,21	2,8	0,57	4,32	0,16	20	13,4	0,05	10	12,99
	Jun2013	32,6	-	8,34	5,80	3	1,00	15,49	0,75	24	5	0,059	12	16,51
	Sep2013	31,2	20,38	7,15	6,76	2,3	0,79	5,57	0,29	10	5	0,22	11	2,65
	Oct2013	30,2	20,51	7,22	7,06	2,4	0,52	5,14	0,39	7	7	0,074	13	14,61
	Feb2014	29,8	70,7	0,55	6,75	1,5	0,83	1,68	0,25	21	5	0,16	15	7,32
	May2014	30	73,9	6,67	7,12	3,15	0,84	2,77	0,11	78	21	0,05	3	12,47
Casa Blanca	Abr2013	31,1	62,7	6,39	5,80	1,52	0,61	1,79	0,17	22	16,8	0,05	14	13,38
	Jun2013	31,3	-	8,33	6,14	4,75	1,20	4,74	0,86	5	5	0,053	12	9,51
	Sep2013	30,60	20,29	6,35	6,98	4,13	1,36	3,79	0,31	8	5	0,05	12	6,68
	Oct2013	29,8	18,7	8,22	7,36	3,75	0,42	8,21	8,4	18	5	0,033	8	22,40
	Feb2014	31,6	30,3	7,07	7,38	1,52	0,68	0,33	0,22	10	5	0,05	9	17,19
	May2014	29,3	79,7	7,22	7,17	3,81	0,78	2,01	0,17	82	23	0,05	7	13,40

Apéndice 3. Perfiles de Conductividad, PH, Temperatura y Oxígeno Disuelto para las Cinco Estaciones Durante el Periodo 2013 – 2014 en La Ciénaga de paredes, Santander (Colombia).

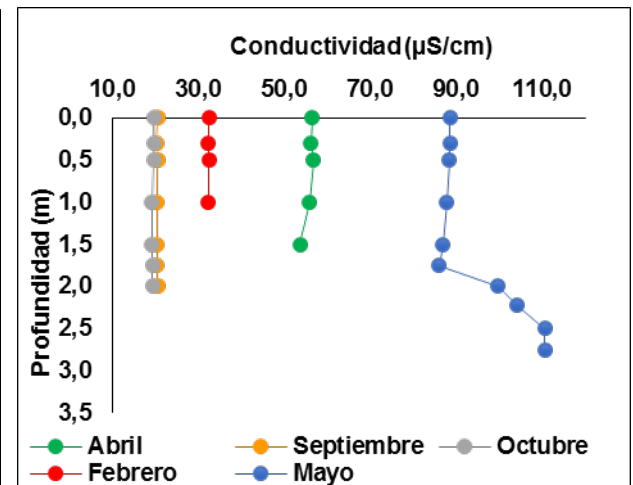
Caño Peruétano



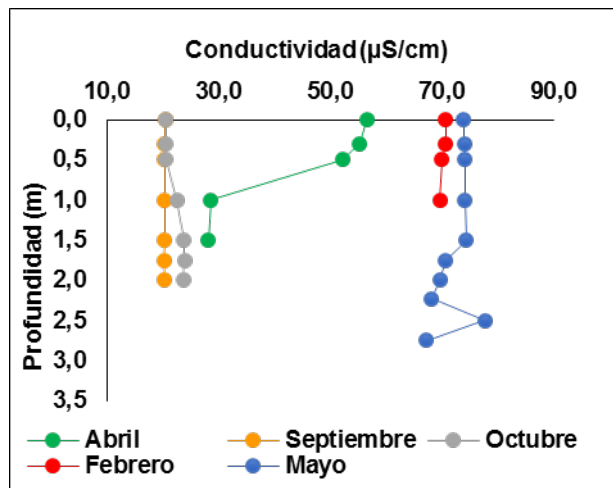
Rincón de la Hoya



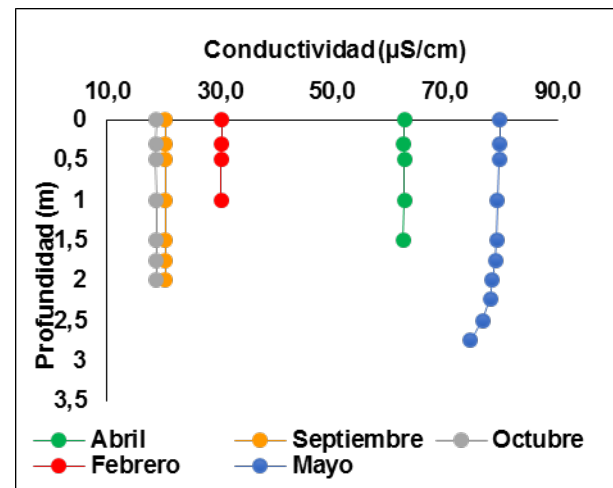
Centro



Quebrada la Gómez

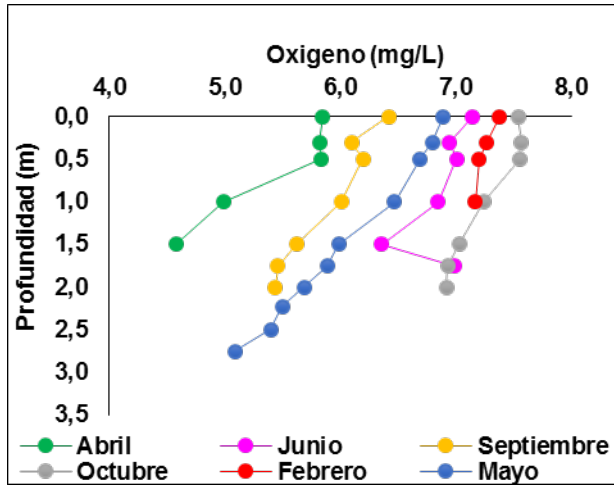


Casa Blanca

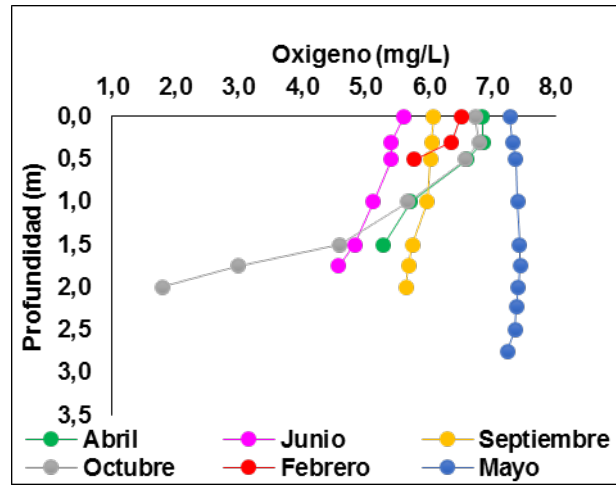


*No se registraron los valores para los perfiles de conductividad del mes de Junio.

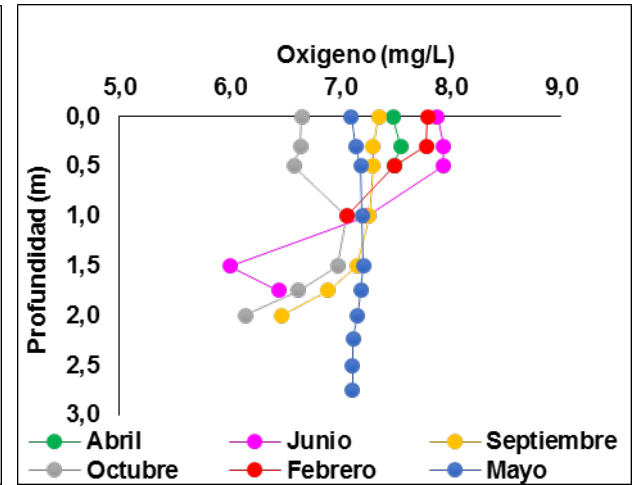
Caño Peruétano



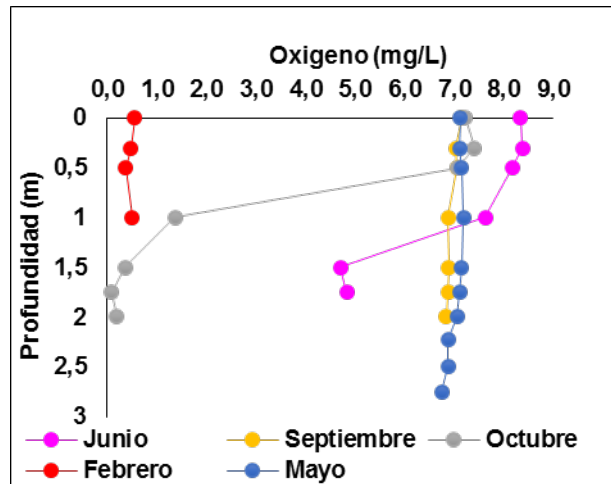
Rincón de la Hoya



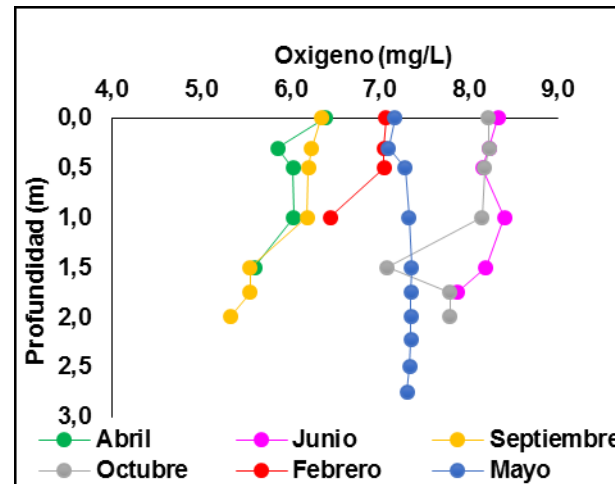
Centro



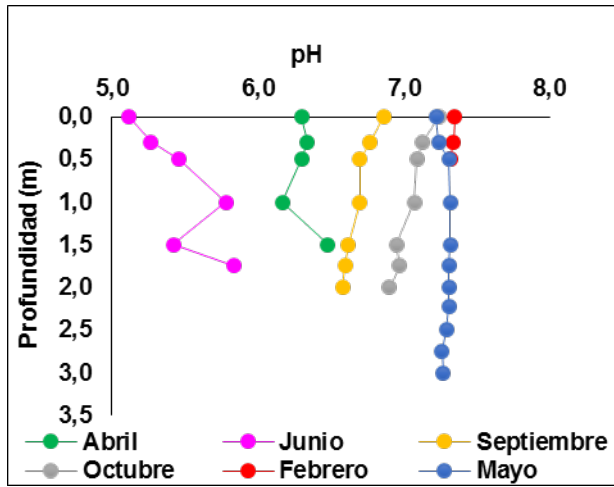
Quebrada la Gómez



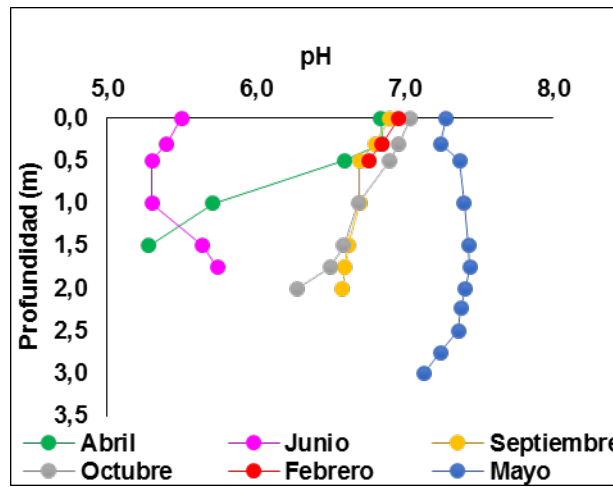
Casa Blanca



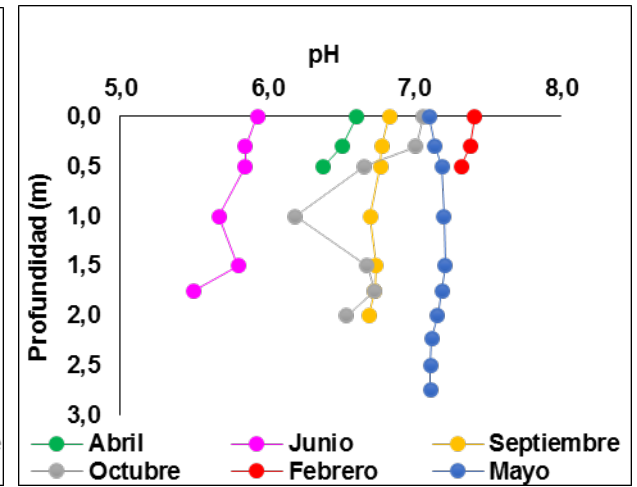
Caño Peruétano



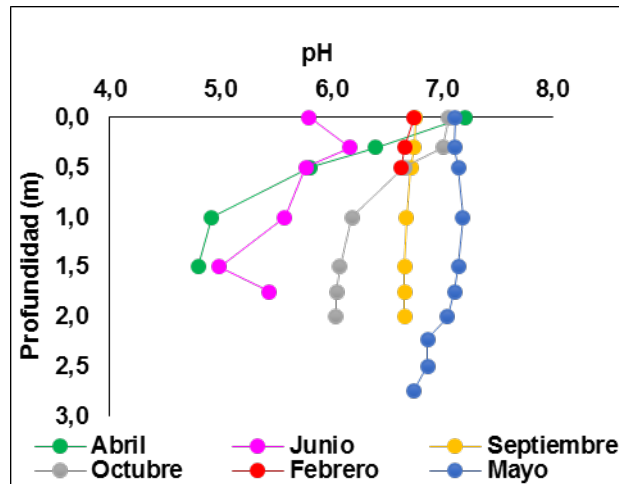
Rincón de la Hoya



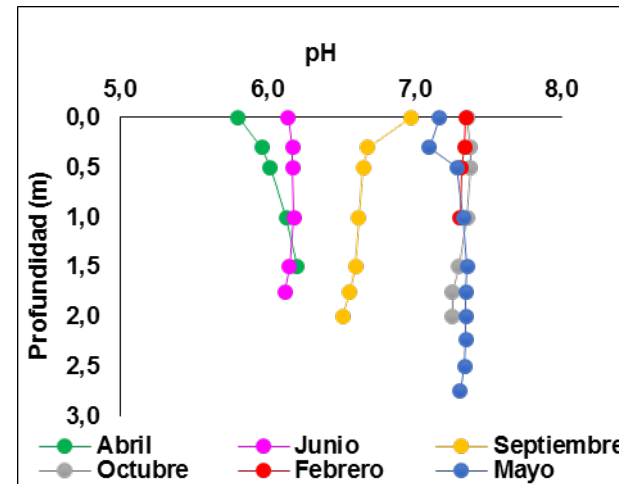
Centro



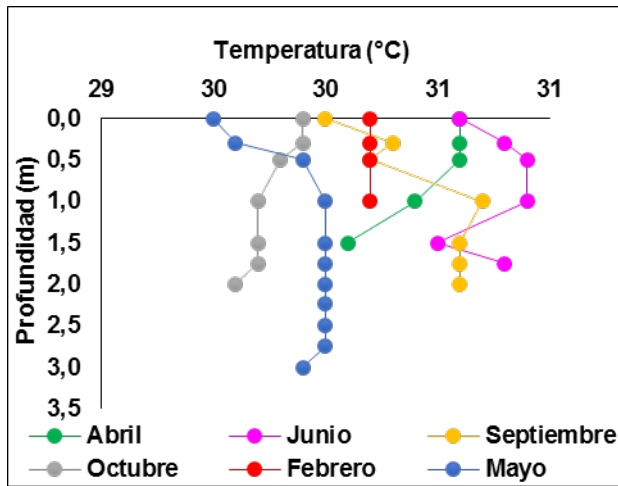
Quebrada la Gómez



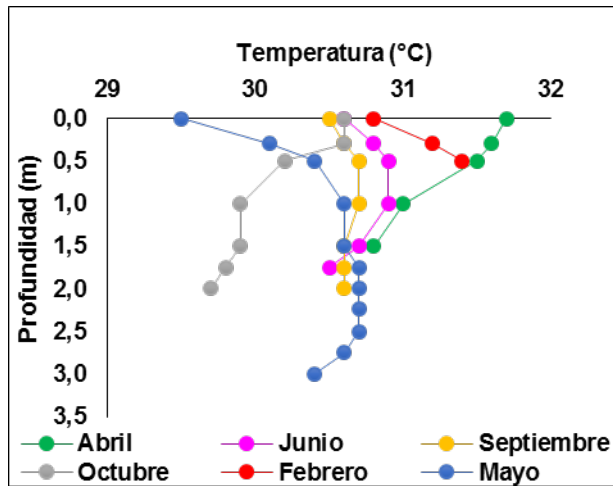
Casa Blanca



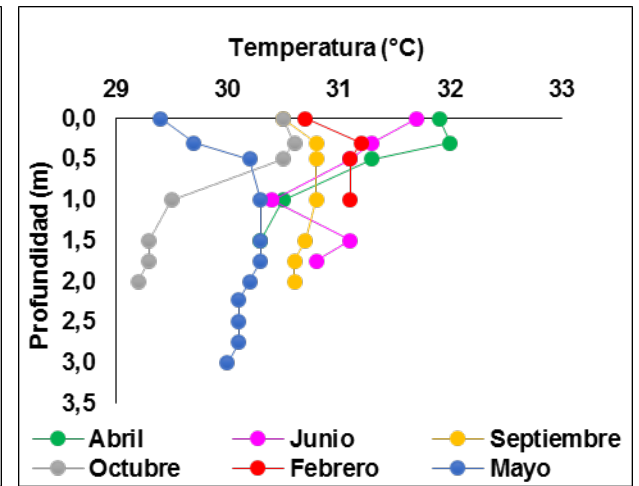
Caño Peruétano



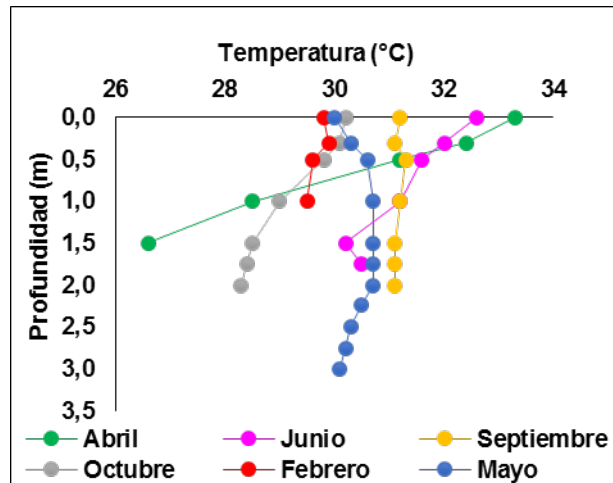
Rincón de la Hoya



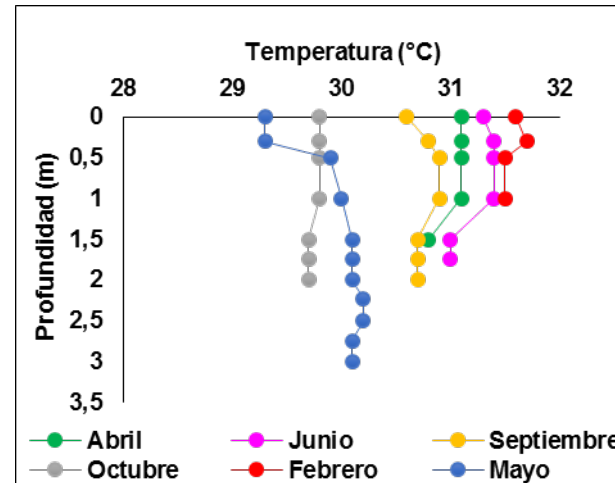
Centro



Quebrada la Gómez



Casa Blanca



Apéndice 4. Correlaciones de las Variables Físicas y Químicas para los Tres Primeros Componentes del Análisis de Componentes Principales.

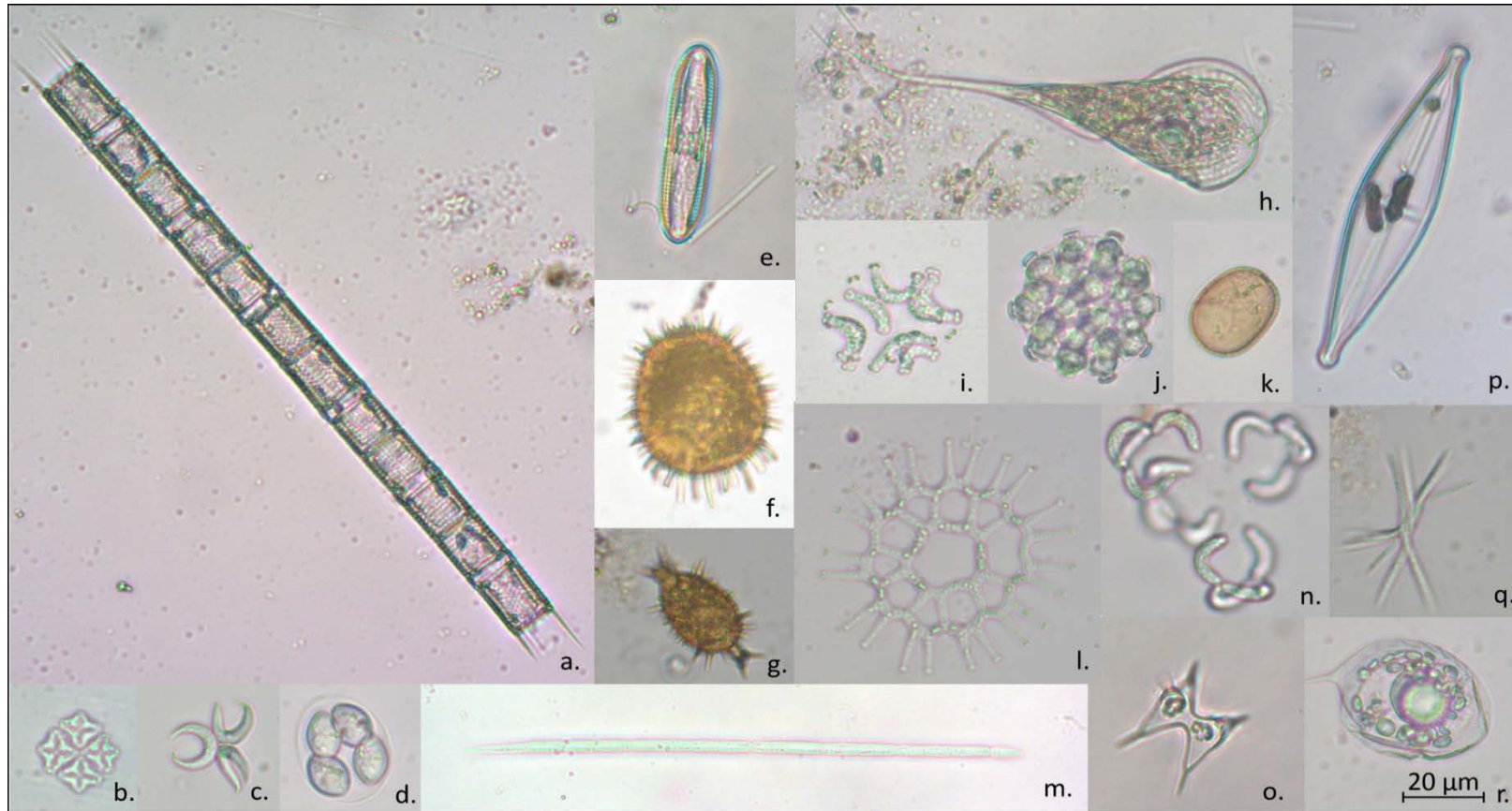
	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Temperatura superficial	0,2862	0,6532	-0,1761
Conductividad	-0,5032	-0,4656	0,1911
Oxígeno Disuelto	0,0712	0,3996	-0,7691
pH	-0,6978	0,1560	-0,1643
Profundidad	0,1198	-0,4943	-0,6316
Traspirencia (Disco Secchi)	0,7175	-0,3776	0,0441
NH₄	0,8623	0,0586	-0,0308
NO₃	0,4874	-0,2828	0,4304
SiO₂	0,4190	0,5867	0,3402
Clorofila a	-0,4466	0,3788	0,4368

Apéndice 5. Composición de las Especies La Comunidad Fitoplanctónica de La Ciénaga de Paredes – Santander.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Treubariaceae	<i>Treubaria</i> sp1
			Volvocaceae	<i>Pandorina</i> sp1
		Sphaeropleales	Hydrodictyaceae	<i>Monactinus simplex</i> , <i>Pediastrum duplex</i> , <i>Stauridium tetras</i> , <i>Tetraedron</i> sp1
			Neochloridaceae	<i>Chlorotetraëdron</i> sp1
			Radiococcaceae	<i>Eutetramorus</i> sp1
			Scenedesmaceae	<i>Coelastrum</i> cf. <i>indicum</i> , <i>C. microporum</i> , <i>C. morum</i> , <i>Scenedesmus</i> cf. <i>javanensis</i> , <i>Desmodesmus</i> sp1, <i>Desmodesmus</i> sp2, <i>Desmodesmus</i> sp3, <i>Desmodesmus</i> sp4, <i>Desmodesmus</i> sp5, <i>Dimorphococcus</i> sp1, <i>D. pulchellum</i> , <i>Tetrastrum glabrum</i> , <i>Westella</i> sp1, <i>W. cf botryoides</i>
			Selenastraceae	<i>Ankistrodesmus</i> sp1, <i>A. bernardii</i> , <i>A. bibrainianus</i> , <i>A. fusiformis</i> , <i>Kirchneriella</i> sp1, <i>K. cf. diana</i> , <i>K. obesa</i> , <i>Monoraphidium</i> sp1, <i>Monoraphidium</i> sp2, <i>M. cf. carbeum</i> , <i>Selenastrum</i> sp1
	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Hindakia</i> sp1
			Oocystaceae	<i>Crucigenia</i> sp1, <i>Crucigenia</i> sp2, <i>Crucigenia</i> sp3, <i>C. cf. fenestrata</i> , <i>C. cf. lauterbornii</i> , <i>Crucigeniella</i> sp1, <i>C. pulchra</i> , <i>Nephrocytium</i> sp1, <i>Oocystis</i> sp1, <i>Oocystis</i> sp2
	Ulvophyceae	Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i> sp1
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Limnococcus</i> sp1, <i>Limnococcus</i> sp2
			Gomphosphaeriaceae	<i>Coelosphaerium</i> sp1
			Microcystaceae	<i>Microcystis</i> sp1
		Nostocales	Aphanizomenonaceae	<i>Cylindrospermopsis</i> sp1
			Nostocaceae	<i>Dolichospermum</i> sp1, <i>Dolichospermum</i> sp2, <i>Anabaenopsis</i> sp1
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Planktolyngbya</i> sp1 <i>Oscillatoria</i> sp1, <i>Oscillatoria</i> sp2, <i>Oscillatoria</i> sp3
		Pseudanabaenales	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudoanabaena</i> sp1
Dinoflagellata	Dinophyceae	Gymnodiniales	Dinotrichaceae	<i>Gymnodinium</i> 1
		Peridinales	Peridiniaceae	<i>Peridinium</i> sp1, <i>Peridinium</i> sp2
Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp1, <i>Euglena</i> sp2, <i>Euglena</i> sp3, <i>Euglena</i> sp4, <i>Euglena</i> sp5, <i>Strombomonas</i> sp1, <i>Strombomonas</i> sp2, <i>Trachelomonas</i> sp1, <i>Trachelomonas</i> sp2, <i>Trachelomonas</i> sp3, <i>Trachelomonas</i> sp4, <i>Trachelomonas</i> sp5, <i>T. armata</i> , <i>T. cf. horrida</i> , <i>T. hispida</i> , <i>T. volvocinopsis</i>
			Phacaceae	<i>Phacus</i> sp1, <i>Phacus</i> sp2, <i>Phacus</i> sp3, <i>Phacus</i> sp4, <i>Phacus</i> sp5, <i>Phacus</i> sp6, <i>Phacus</i> sp7, <i>P. longicauda</i>
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i> sp1
		Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Synedra</i> cf. <i>ulna</i>
		Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Amphipleura</i> sp1
			Naviculaceae	<i>Caloneis</i> sp1, <i>Craticula cuspidata</i> , <i>Gyrosigma</i> sp1, <i>Navicula</i> sp1, <i>Navicula</i> sp2
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp1
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i> sp1
	Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Diatoma</i> sp1	
	Chrysophyceae	Eustigmatales	Eustigmataceae	<i>Pseudostaurastrum</i> sp1, <i>Pseudostaurastrum</i> sp2, <i>Pseudostaurastrum</i> sp3, <i>Pseudostaurastrum</i> sp4, <i>P. limneticum</i>
	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira distans</i> , <i>A. granulata</i>
		Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i> sp1
	Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp1
	Synurophyceae	Synurales	Mallomonadaceae	<i>Mallomonas</i> sp1
Xanthophyceae	Mischococcales	Centritactaceae	<i>Centritractus</i> sp1	
Streptophyta	Zygnematophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i> sp1, <i>Closterium</i> sp2, <i>Closterium</i> sp3, <i>C. calosporum</i> , <i>C. setaceum</i>
			Desmidiaceae	<i>Cosmarium</i> sp1, <i>Cosmarium</i> sp2, <i>Cosmarium</i> sp3, <i>Cosmarium</i> sp4, <i>Cosmarium</i> sp5, <i>Cosmarium</i> sp6, <i>Euastrum</i> sp1, <i>Euastrum</i> sp2, <i>Staurastrum</i> sp1, <i>Staurastrum</i> sp2, <i>Staurastrum</i> sp3, <i>Staurastrum</i> sp4, <i>S. cf. affine</i> , <i>S. pingue</i> , <i>Stauroidesmus</i> sp1, <i>Stauroidesmus</i> sp2, <i>Stauroidesmus</i> sp3, <i>Stauroidesmus</i> sp4, <i>Xanthidium</i> sp1, <i>Xanthidium</i> sp2, <i>Xanthidium</i> sp3

Apéndice 6. Algunas Especies que Componen la Comunidad Fitoplanctónica de la ciénaga de Paredes. a. *Aulacoseira granulata*, b. *Crucigenia sp 1*, c. *Selenastrum sp1*, d. *Oocystis sp1*, e. *Pinnularia sp1*, f. *Trachelomonas armata*, g. *Trachelomonas sp2*, h. *Phacus longicauda sp1*, i. *Dimorphococcus sp1*, j. *Coelastrum sp1*, k. *Trachelomonas sp3*, l. *Monoactinus sp1*, m. *Raphidopsis sp1*, n. *Tetrallantos sp1*, o. *Staurodesmus sp2*, p. *Stauroneis sp1*, q. *Ankistrodesmus cf. falcatus*, r. *Phacus sp3*.



Algunas especies que componen la comunidad fitoplanctónica de la Ciénaga de Paredes. a. *Euglena sp1*, b. *Fragilaria sp 1*, c. *Crucigenia cf. lauterbornii*, d. *Staurastrum sp1*, e. *Cosmarium sp1*, f. *Trachelomonas volvocinopsis*, g. *Monoraphidium sp1*, h. *Centitractus sp1*, i. *Pseudostaurastrum sp1*, j. *Staurodesmus sp1*, k. *Hindakia sp1*, l. *Closterium setaceum*, m. *Dolichospermum sp1*, n. *Kirchneriella cf. diana*



Apéndice 7. Códigos para las Morfoespecies de la Comunidad Fitoplanctónica. Código CCA: Código para Análisis de Correlación Canónica, Código GOT: Código para Gráficos de Ordenación Triangular.

Código CCA	Código GOT	Nombre especie	Código CCA	Código GOT	Nombre especie	Código CCA	Código GOT	Nombre especie	Código CCA	Código GOT	Nombre especie
1CM	1	<i>Kirchneriella cf. diana</i>	42C	42	<i>Staurastrum</i> sp2	83CRSi	83	<i>Caloneis</i> sp1	124CM	124	<i>Westella cf. botryoides</i>
2CF	2	<i>Phacus</i> sp3	43RF	43	<i>Euglena</i> sp2	84CM	84	<i>Limnococcus</i> sp2	125Si	125	<i>Surirella</i> sp1
3SF	3	<i>Phacus</i> sp2	44RAH	44	<i>Anabaena</i> sp2	85C	85	<i>Closterium</i> sp1	126C	126	<i>Tetraedron</i> sp1
4C	4	<i>Kirchneriella</i> sp1	45CRM	45	<i>Eutetramorus</i> sp1	86R	86	<i>Closterium</i> sp3	127C	127	<i>Staurodesmus</i> sp3
5CF	5	<i>Trachelomonas hispida</i>	46RF	46	<i>Euglena</i> sp3	87S	87	<i>Coelastrum cf. indicum</i>	128C	128	<i>Staurodesmus</i> sp4
6CR	6	<i>Treubaria</i> sp1	47CM	47	<i>Westella</i> sp1	88C	88	<i>Coelastrum pseudomicroporum</i>	129M	129	<i>Tetrastrum glabrum</i>
7S	7	<i>Staurastrum</i> sp3	48CRSi	48	<i>Pinnularia</i> sp1	89CM	89	<i>Coelosphaerium</i> sp1	130C	130	<i>Ankistrodesmus</i> sp1
8CF	8	<i>Phacus</i> sp1	49CR	49	<i>Closterium calosporum</i>	90C	90	<i>Crucigenia cf. fenestrata</i>	131RSi	131	<i>Craticula cuspidata</i>
9CM	9	<i>Dimorphococcus</i> sp1	50R	50	<i>Closterium</i> sp2	91C	91	<i>Crucigenia cuspidata</i>	132C	132	<i>Scenedesmus javanensis</i>
10C	10	<i>Strobomonas</i> sp2	51C	51	<i>Pseudostaurastrum</i> sp2	92C	92	<i>Crucigeniella pulchra</i>	133S	133	<i>Ulothrix</i> sp1
11CF	11	<i>Phacus</i> sp4	52C	52	<i>Pseudostaurastrum</i> sp4	93CSi	93	<i>Cymbella</i> sp1	134C	134	<i>Staurastrum pingue</i>
12CF	12	<i>Trachelomonas cf. volvocinopsis</i>	53CRM	53	<i>Pseudoanabaena</i> sp1	94CRM	94	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	135C	135	<i>Staurodesmus connatus</i>
12C	13	<i>Xanthidium</i> sp3	54C	54	<i>Cosmarium</i> sp6	95C	95	<i>Euastrum</i> sp2	136C	136	<i>Crucigenia</i> sp2
14SF	14	<i>Euglena</i> sp4	55CR	55	<i>Pediastrum duplex</i>	96CRSi	96	<i>Gyrosigma</i> sp1	137C	137	<i>Crucigenia</i> sp3
15S	15	<i>Strobomonas</i> sp1	56RAH	56	<i>Raphidopsis</i> sp1	97SRSi	97	<i>Melosira</i> sp1			
16C	16	<i>Pediastrum tetras</i>	57R	57	<i>Oscillatoria</i> sp1	98C	98	<i>Monoraphidium cf. caribeum</i>			
17CF	17	<i>Gymnodinium</i> sp1	58C	58	<i>Coelastrum morum</i>	99RSi	99	<i>Navicula</i> sp2			
18CF	18	<i>Peridinium</i> sp1	59C	59	<i>Coelastrum microporum</i>	100SM	100	<i>Oocystis</i> sp2			
19CM	19	<i>Dictyosphaerium</i> sp1	60C	60	<i>Xanthidium</i> sp1	101S	101	<i>Oscillatoria</i> sp3			
20CM	20	<i>Oocystis</i> sp1	61RSi	61	<i>Diatoma</i> sp1	102CMF	102	<i>Pandorina</i> sp1			
21C	21	<i>Kirchneriella obesa</i>	62RAH	62	<i>Anabaena</i> sp1	103SF	103	<i>Peridinium</i> sp2			
22RF	22	<i>Euglena</i> sp1	63RAH	63	<i>Anabaenopsis</i> sp1	104SF	104	<i>Phacus longicauda</i>			
23CR	23	<i>Staurastrum</i> sp1	64R	64	<i>Lyngbya</i> sp1	105CF	105	<i>Phacus</i> sp5			
24RSi	24	<i>Aulacoseira granulata</i>	65C	65	<i>Scenedesmus</i> sp1	106CF	106	<i>Phacus</i> sp6			
25R	25	<i>Chlorotetraedron</i> sp1	66CM	66	<i>Ankistrodesmus cf. falcatus</i>	107SF	107	<i>Phacus</i> sp7			
26CR	26	<i>Centractus</i> sp1	67RSi	67	<i>Fragilaria crotonensis</i>	108CR	108	<i>Pseudostaurastrum limneticum</i>			
27C	27	<i>Staurodesmus patens</i>	68C	68	<i>Scenedesmus</i> sp2	109S	109	<i>Pseudostaurastrum lobulatum</i>			
28C	28	<i>Mallomonas</i> sp1	69C	69	<i>Monoraphidium</i> sp2	110C	110	<i>Scenedesmus</i> sp3			
29C	29	<i>Staurodesmus</i> sp2	70C	70	<i>Pseudostaurastrum</i> sp1	111C	111	<i>Scenedesmus</i> sp4			
30RSi	30	<i>Stauroneis</i> sp1	71C	71	<i>Monoraphidium</i> sp1	112C	112	<i>Scenedesmus</i> sp5			
31R	31	<i>Oscillatoria</i> sp2	72C	72	<i>Xanthidium</i> sp2	113CM	113	<i>Selenastrum</i> sp1			

Código CCA	Código GOT	Nombre especie	Código CCA	Código GOT	Nombre especie	Código CCA	Código GOT	Nombre especie	Código CCA	Código GOT	Nombre especie
32CRSi	32	<i>Aulacoseira distans</i>	73C	73	<i>Crucigenia</i> sp1	114SR	114	<i>Staurastrum</i> cf. <i>affine</i>			
33C	33	<i>Pseudostaurastrum</i> sp3	74C	74	<i>Cosmarium</i> sp4	115R	115	<i>Staurastrum</i> sp4			
34C	34	<i>Stauroidesmus</i> sp1	75C	75	<i>Crucigenia</i> cf. <i>lauterbornii</i>	116RSi	116	<i>Synedra ulna</i>			
35SF	35	<i>Euglena</i> sp5	76C	76	<i>Cosmarium</i> sp3	117SF	117	<i>Trachelomonas armata</i>			
36R	36	<i>Closterium setaseum</i>	77C	77	<i>Cosmarium</i> sp5	118CF	118	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>horrida</i>			
37C	37	<i>Crucigeniella</i> sp1	78C	78	<i>Euastrum</i> sp1	119CF	119	<i>Trachelomonas</i> sp1			
38C	38	<i>Tetralantos</i> sp1	79C	79	<i>Cosmarium</i> sp2	120CF	120	<i>Trachelomonas</i> sp2			
39R	39	<i>Monoactinus</i> sp1	80RSi	80	<i>Amphipleura</i> sp1	121CF	121	<i>Trachelomonas</i> sp3			
40CRM	40	<i>Microcystis</i> sp1	81CR	81	<i>Ankistrodesmus benardii</i>	122CF	122	<i>Trachelomonas</i> sp4			
41C	41	<i>Cosmarium</i> sp1	82CM	82	<i>Ankistrodesmus bibrainus</i>	123CF	123	<i>Trachelomonas</i> sp5			